

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ВЕСТНИК  
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**Выпуск**      **Серия: Строительство и архитектура**      **2017**  
**47(66)**      Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta  
Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura  
(Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering  
Series: Civil Engineering and Architecture)

Выходит 4 раза в год  
Основан в 1999 г.

Волгоград

ВолгГАСУ

**С о д е р ж а н и е**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. ОСНОВАНИЯ, ФУНДАМЕНТЫ,  
ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. МЕХАНИКА ГРУНТОВ

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г.</b> Расчет времени замерзания воды в трубе диаметром 325 мм                                          | 7   |
| <b>Корниенко С. В.</b> Совершенствование российских норм по влагозащите ограждающих конструкций                                       | 18  |
| <b>Масляев А. В.</b> Соответствие федеральных законов и нормативных документов РФ строительного содержания требованиям Конституции РФ | 30  |
| <b>Ретлинг Э. В., Гурова Е. В.</b> О нормировании звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций зданий                             | 43  |
| <b>Чеснокова О. Г.</b> Сравнительный анализ влагонакопления в конструкции в зависимости от расположения утеплителя                    | 51  |
| <b>Чесноков А. В., Михайлов В. В.</b> Несущая способность пневматических оболочек                                                     | 61  |
| <b>Чеснокова О. Г.</b> Анализ влагонакопления в пенобетонном блоке                                                                    | 70  |
| <b>Чаускин А. Ю., Пшеничкина В. А.</b> Вероятностный расчет нелинейной динамической системы на сейсмическое воздействие уровня МРЗ    | 82  |
| <b>Шубин М. А., Юшин О. В.</b> Геоэкологическое обоснование защитных мероприятий в оползневой зоне г. Волгограда                      | 93  |
| <b>Шубин М. А., Юшин О. В.</b> Последствия нарушений технологических процессов при строительстве берегоукрепительных сооружений       | 102 |

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

|                                                                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Макеев А. И., Чернышов Е. М.</b> Условия управления характеристиками однородности/неоднородности структуры и параметрами поля напряжений в конгломератных строительных композитах | 111 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

#### СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- Катерина С. Ю.** Разработка визуальных расчетных комплексов для решения задач строительной механики 123
- Наумова Г. А., Пономаренко С. А.** Оценка аэродинамической устойчивости балочных неразрезных мостов в зарубежной и отечественной нормативной документации 133
- Ретлинг Э. В., Гурова Е. В.** О частотном спектре круговой цилиндрической оболочки 145

#### ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

- Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., Фетисов Ю. М.** Гидравлический затвор исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин 152

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

- Алексиков С. В., Болдин А. И., Буваджинев М. Э., Исмаилов И. К.** Дорожные одежды автомобильных парковок 163
- Алексиков С. В., Болдин А. И.** Проектирование прибордюрных парковок на городских дорогах 172
- Алексиков С. В., Жаббур В., Исмаилов И. К.** Расчет габаритов улавливающих траншей автомобильных дорог в горной местности 181
- Девятков М. М., Овчинцев А. М.** Обоснование принципов проектирования мини кольцевых пересечений городских автодорог на основании анализа опыта их применения за рубежом и в России 186
- Девятков М. М., Вилкова И. М.** О стратегии развития и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры города в рамках стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года 203
- Катеринин К. В.** Оптимизация фаз светофорного регулирования на перекрестке при наличии бульварной зоны, разделяющей встречные потоки 220
- Лескин А. И., Катасонов М. В., Степанов А. А.** Сравнение значений фактического упругого прогиба нежесткой дорожной одежды, полученного методами статического и динамического нагружений 235
- Стефаненко И. В., Алексиков С. В., Болдин А. И.** Повышение прочности дорожных оснований из щебня 242

#### ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- Москвичева Е. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Москвичева А. В., Катеринин К. В., Батманов В. П., Белоусова Ю. Б.** Использование природного минерала для очистки промывных вод 249
- Москвичева Е. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Гиззатова Г. Л., Рыльцева М. В., Мешкова Т. В., Тищенко Ю. А.** Разработка экологически безопасной технологии очистки воды в бассейнах от поверхностно-активных веществ (ПАВ) 261
- Москвичева Е. В., Сахарова А. А., Москвичева А. В., Геращенко А. А., Катеринин К. В., Шишенин Д. С., Иванников Е. О.** Повышение экологической безопасности станции обезжелезивания 270
- Потоловский Р. В., Батманов В. П., Сахарова А. А., Белогородская М. Ю., Приходченко А. В., Михайлов Б. В., Попов Ю. Б.** Разработка малоотходной технологии очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ 282
- Радченко О. П., Москвичева Е. В., Клочков Д. П.** Оценка степени загрязнения поверхностных сточных вод автотранспортных предприятий города Волгограда 295
- Фомичев В. Т., Куликова И. А., Филимонова Н. А.** Гельминтозы и грибки как факторы экологической опасности и городской среды 304

#### БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- Стрекалов С. Д., Богомолов С. А., Батманов В. П., Черевиченко Е. О., Николенко М. А., Бурлаченко О. В.** Оптимизация конструктивных параметров пылеуловителей ВЗП в системах обеспыливания и вентиляции 310
- Боровков Д. П., Батманов В. П., Богомолов С. А., Бурлаченко О. В.** О выборе схем обеспыливания и вентиляции, предназначенных для очистки воздуха рабочей зоны от известковой пыли при погрузочно-разгрузочных работах 320

#### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

- Анопин В. Н.** Ландшафтно-архитектурный подход к планированию зеленого строительства в урболодшафтах аридной зоны 328
- Воробьев В. И., Лейчу Ф. Ф.** Влияние тепловых энергетических предприятий на окружающую среду 339

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ишмаметов Р. Х., Меняйлов В. С.</b> Современные аспекты энергосбережения и повышение экологической безопасности в жилищном фонде                                 | 347 |
| <b>Сидоренко В. Ф., Аброськин А. А.</b> Обоснование системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в целях обеспечения безопасности объектов строительства | 359 |
| <b>Сидоренко В. Ф., Кузнецов Г. С.</b> Учет негативного воздействия возведения отдельных объектов внутри жилой застройки на экологическую обстановку                | 372 |
| <b>Торгашина С. Н., Гадаборшева Т. Б.</b> Эколого-экономические аспекты защиты атмосферы г. Волгограда                                                              | 379 |
| <b>Растяпина О. А., Бабенко К. В.</b> Необходимость формирования визуального пространства в городах с целью обеспечения экологически безопасного пространства       | 384 |

#### ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

|                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Антюфеев А. В.</b> Градостроительное формирование достопримечательных мест Великой Отечественной войны (на примере памятников Сталинградской битвы)                                                                             | 396 |
| <b>Антюфеев А. В., Клименко И. М.</b> Градостроительные аспекты в организации кратковременного отдыха населения в структуре ландшафтно-рекреационных зон города Донецка                                                            | 407 |
| <b>Антюфеев А. В., Каралев А. А., Каралева О. И.</b> Архитектурно-мемориальный комплекс «Сталинградское кольцо» Волгоградской области                                                                                              | 418 |
| <b>Гурова Е. В., Иванова Т. Б., Калашикова Ю. С., Курамшин Р. Х., Вишневецкий В. С.</b> К разработке стратегии пространственного развития: моделирование контуров перехода к современному инвестиционно-градо-строительному тренду | 427 |
| <b>Гусева Е. Н.</b> Проблемы градо-строительного и архитектурного формирования набережных в структуре речных городов и пути их решения                                                                                             | 445 |
| <b>Денисов П. В., Калашиков С. Ю., Власьева Е. С.</b> Об эффективности деятельности лицензионной комиссии и жилищной инспекции Волгоградской области в 2016 году                                                                   | 456 |
| <b>Етеревская И. Н.</b> Основные этапы методики комплексной оценки и преобразования городских общественных пространств                                                                                                             | 461 |
| <b>Иванова Н. В., Ганжа О. А.</b> Градо-экологический потенциал формирования подземной архитектуры города                                                                                                                          | 472 |
| <b>Калашикова Ю. С., Шагиева Е. В.</b> Актуальные вопросы благоустройства внутриквартальных территорий современного города (на примере г. Волгограда)                                                                              | 486 |
| <b>Коростелева Н. В., Бикмухамедова Р. Р.</b> Градо-строительный потенциал пойменных территорий малых рек на примере города Волгограда                                                                                             | 495 |
| <b>Мартынов Д. А., Артёмова С. Г.</b> Анализ методики определения количества парковочных мест дворовых территорий жилой застройки г. Волгограда                                                                                    | 505 |
| <b>Стеценко С. Е., Антюфеев А. В., Нагаткин Д. А., Емельянова О. Е.</b> Градо-строительная оптимизация расчета парковочных мест автотранспорта в сложившейся жилой застройке крупнейших городов (на примере г. Волгограда)         | 513 |

#### ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ. РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

|                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Антюфеева О. А., Птичникова Г. А.</b> Архитектурно-пространственная эволюция общественных пространств постсоветского города                                       | 524 |
| <b>Баранская Е. А., Ковалева Г. Н., Гаджиев Г. А.</b> История формирования планировочной структуры площади торгового центра в Ворошиловском районе города Волгограда | 535 |
| <b>Серебряная В. В.</b> Этапы формирования планировочной структуры малого исторического города Дубовки (Волгоградская область)                                       | 545 |

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Баранская Е. А., Ковалева Г. Н., Дренюк А. В., Колодницкая Т. С.</b> Принципы организации жилых территорий и методы их применения в учебных проектах студентов-архитекторов               | 573 |
| <b>Мензелинцев Н. В., Ермилова Н. Ю., Маринина О. Н., Проценко О. В.</b> Совершенствование методики преподавания начертательной геометрии студентам архитектурно-строительных специальностей | 583 |
| <b>Степанова И. Е.</b> Актуальные приемы использования компьютерного контроля в учебном процессе высшей школы                                                                                | 595 |

## Content

### BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. BASEMENTS, FOUNDATIONS. UNDERGROUND STRUCTURES. SOIL ENGINEERING

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Zharkov A. F., Chesnokova O. G.</b> Calculation of water's freezing time in a pipe of diameter 325 mm                                                                                       | 7   |
| <b>Kornienko S. V.</b> Improvement of the Russian norms on moisture protection of the building envelope components                                                                             | 18  |
| <b>Maslyayev A. V.</b> Conformity of federal laws and regulatory documents of the Russian Federation of the building maintenance to requirements of the Constitution of the Russian Federation | 30  |
| <b>Retling E. V., Gurova E. V.</b> Towards the rating of acoustic insulation of internal building envelopes                                                                                    | 43  |
| <b>Chesnokova O. G.</b> Comparative analysis of moisture accumulation in building envelope depending on the location of insulation layer                                                       | 51  |
| <b>Chesnokov A. V., Mikhailov V. V.</b> Load-bearing capacity of pneumatic envelopes                                                                                                           | 61  |
| <b>Chesnokova O. G.</b> The analysis of moisture accumulation in a foam-concrete block                                                                                                         | 70  |
| <b>Chauskin A. Yu., Pshenichkina V. A.</b> Probability calculation of dynamic nonlinear system on seismic load of maximum credible earthquake level                                            | 82  |
| <b>Shubin M. A., Yushin O. V.</b> Geo-ecological basis for protection measures in landslide zone in Volgograd                                                                                  | 93  |
| <b>Shubin M. A., Yushin O. V.</b> The consequences of disruption of technological processes when building coast protection structures                                                          | 102 |

### BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Makeev A. I., Chernyshov E. M.</b> Terms of the control over characteristics of homogeneity / heterogeneity of the structure and the parameters of a stress field in the conglomerate building composites | 111 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### STRUCTURAL MECHANICS

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Katerinina S. Yu.</b> The development of visual calculation complexes for the solution of tasks of structural mechanics                               | 123 |
| <b>Naumova G. A., Ponomarenko S. A.</b> The assessment of aerodynamic stability of continuous girder bridges in foreign and national codes and standards | 133 |
| <b>Retling E. V., Gurova E. V.</b> The frequency spectrum of a circular cylindrical shell                                                                | 145 |

### TECHNOLOGY AND CONTROL IN CONSTRUCTION

|                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Fomenko N. A., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Fetisov Yu. M.</b> Hydraulic seal of the operating mechanism of the hydraulic gear protection system of road construction machines | 152 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

### DESIGN, CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF HIGHWAYS, SUBWAYS, AERODROMES, BRIDGES AND TRAFFIC TUNNELS

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Aleksikov S. V., Boldin A. I., Buvadzhinov M. E., Ismailov I. K.</b> Road pavement of car parks                                                                                                                    | 163 |
| <b>Aleksikov S. V., Boldin A. I.</b> Design of curbside parking on urban roads                                                                                                                                        | 172 |
| <b>Aleksikov S. V., Zhabbur V., Ismailov I. K.</b> Dimensioning of trenches on roads in mountainous areas                                                                                                             | 181 |
| <b>Devyatov M. M., Ovchintsev A. M.</b> Justification of the principles of design of mini-roundabouts on the basis of the analysis of experience of their operation abroad and in Russia                              | 186 |
| <b>Devyatov M. M., Vilkova I. M.</b> About the development strategy and upgrading of the road and transport infrastructure of the city within the strategy of social and economic development of Volgograd up to 2030 | 203 |
| <b>Katerinin K. V.</b> Optimization of traffic light phases at the crossroads in the presence of a boulevard area separating oncoming traffic                                                                         | 220 |
| <b>Leskin A. I., Katasonov M. V., Stepanov A. A.</b> Comparison of values of the actual banging motion of flexible road pavement received by the methods of static and dynamic loadings                               | 235 |
| <b>Stefanenko I. V., Aleksikov S. V., Boldin A. I.</b> Increase in strength of the road bases made of crushed stone                                                                                                   | 242 |

### WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTIONS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

|                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Moskvicheva E. V., Doskina E. P., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Katerinin K. V., Batmanov V. P., Belousova Yu. B.</b> The use of natural mineral for wash water purification                                                                  | 249 |
| <b>Moskvicheva E. V., Doskina E. P., Sakharova A. A., Gizzatova G. L., Ryl'tseva M. V., Meshkova T. V., Tishchenko Yu. A.</b> The development of ecologically safe technologies of water purification in swimming pools from surface-active substances | 261 |
| <b>Moskvicheva E. V., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Gerashchenko A. A., Katerinin K. V., Shishenin D. S., Ivannikov E. O.</b> Increase in ecological safety of iron removal station                                                              | 270 |
| <b>Potolovskii R. V., Batmanov V. P., Sakharova A. A., Belogorskaya M. Yu., Prihodchenko A. V., Mikhailov B. V., Popov Yu. B.</b> The development of low-waste technology of waste water treatment of WD-PWM                                           | 282 |



|                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Radchenko O. P., Moskvicheva E. V., Klochkov D. P.</b> The assessment of the state of surface waste water of motor transport enterprises in the city of Volgograd                                                             | 295 |
| <b>Fomichev V. T., Kulikova I. A., Filimonova N. A.</b> Helminthosis and fungi as factors of environmental safety of urban environment                                                                                           | 304 |
| LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION                                                                                                                                                                                     |     |
| <b>Strekalov S. D., Bogomolov S. A., Batmanov V. P., Cherevichenko E. O., Nikolenko M. A., Burlachenko O. V.</b> Optimization of design parameters of dust collector of counter swirling flows in engineering ecological systems | 310 |
| <b>Borovkov D. P., Batmanov V. P., Bogomolov S. A., Burlachenko O. V.</b> The choice of dedusting systems designed to purify the air of working and handling zones from lime dust                                                | 320 |
| ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING                                                                                                                                                                                           |     |
| <b>Anopin V. N.</b> Landscape and architectural approach to the planning of green construction in urban landscape of arid zone                                                                                                   | 328 |
| <b>Vorob'ev V. I., Leychu F. F.</b> The effect of thermal power enterprises on the environment                                                                                                                                   | 339 |
| <b>Ishmametov R. Kh., Menyailov V. S.</b> Modern aspects of energy efficiency in housing facilities in Russia                                                                                                                    | 347 |
| <b>Sidorenko V. F., Abros'kin A. A.</b> Justification of air condition environmental monitoring system in order to provide environmental safety of permanent buildings                                                           | 359 |
| <b>Sidorenko V. F., Kuznetsov G. S.</b> Account of the negative impact on the environment when constructing individual objects within a residential development                                                                  | 372 |
| <b>Torgashina S. N., Gadaborsheva T. B.</b> Environmental and economic aspects of the protection of the atmosphere in Volgograd                                                                                                  | 379 |
| <b>Rastyapina O. A., Babenko K. V.</b> The need for the formation of visual space in urban areas in order to ensure environmentally sound space                                                                                  | 384 |
| URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT                                                                                                                                                                                      |     |
| <b>Antyufeev A. V.</b> Urban planning of the Great Patriotic war sites (monuments of the battle of Stalingrad)                                                                                                                   | 396 |
| <b>Antyufeev A. V., Klimentko I. M.</b> Urban planning aspects in the arrangement of short-term rest of the population in the structure of landscape and recreational zones in Donetsk                                           | 407 |
| <b>Antyufeev A. V., Karalev A. A., Karaleva O. I.</b> Architectural memorial complex "Stalingrad ring" in Volgograd oblast                                                                                                       | 418 |
| <b>Gurova E. V., Ivanova T. B., Kalashnikova Yu. S., Kuramshin R. Kh., Vishnevskii V. S.</b> Towards the spatial development strategy: modelling of contour of transition to modern investment and town planning trend           | 427 |
| <b>Guseva E. N.</b> The problems of town planning and architectural formation of embankments in the structure of river cities and their solutions                                                                                | 445 |
| <b>Denisov P. V., Kalashnikov S. Yu., Vlas'eva E. S.</b> Towards the effectiveness of the activity of the license commission and housing inspection in Volgograd oblast in 2016                                                  | 456 |
| <b>Eterevskaya I. N.</b> Main stages of the methodology of comprehensive assessment and renewal of urban public spaces                                                                                                           | 461 |
| <b>Ivanova N. V., Ganzha O. A.</b> Urban ecological potential of the development of the underground architecture in the city                                                                                                     | 472 |
| <b>Kalashnikova Yu. S., Shagieva E. V.</b> Current issues of the improvement of the yard territory of a modern city (by the example of Volgograd)                                                                                | 486 |
| <b>Korosteleva N. V., Bikmukhamedova R. R.</b> Urban development potential of floodplain territories of small rivers by the example of the city of Volgograd                                                                     | 495 |
| <b>Martynov D. A., Artemova S. G.</b> The analysis of the technique of determination of the number of parking lots on courtyard territories of residential developments in Volgograd                                             | 505 |
| <b>Stetsenko S. E., Antyufeev A. V., Nagatkin D. A., Emel'yanova O. E.</b> Town planning optimization of calculation of parking lots in existing residential developments of large cities (by the example of Volgograd)          | 513 |
| THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE                                                                                                                      |     |
| <b>Antyufeeva O. A., Ptichnikova G. A.</b> The architectural and spatial development of urban public spaces of a post-Soviet city                                                                                                | 524 |
| <b>Baranskaya E. A., Kovaleva G. N., Gadzhiev G. A.</b> The history of the planning pattern formation of the shopping space of the mall in Voroshilovsky district in Volgograd                                                   | 535 |
| <b>Serebryanaya V. V.</b> The stages of the planning structure formation of the small historic town of Dubovka (Volgograd oblast)                                                                                                | 545 |

ORGANIZATION OF HIGHER EDUCATION IN FIELD OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Baranskaya E. A., Kovaleva G. N., Drenyuk A. V., Kolodnitskaya T. S.</b> Principles of arrangement of residential areas and methods of their application in class projects of architectural students   | 573 |
| <b>Menzelintseva N. V., Ermilova N. Yu., Marinina O. N., Protsenko O. V.</b> The improvement of the technique of descriptive geometry teaching to students of architectural and construction specialities | 583 |
| <b>Stepanova I. E.</b> Current problems of the use of computer control over educational process in institutions                                                                                           | 595 |

УДК 628.147.24

**А. Ф. Жарков, О. Г. Чеснокова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ЗАМЕРЗАНИЯ ВОДЫ В ТРУБЕ ДИАМЕТРОМ 325 ММ**

Представлены результаты расчета времени замерзания воды в трубе диаметром 325 мм в зависимости от ее утепления. Проведен математический и графический анализ. Обобщен опыт эксплуатации технологических трубопроводов промышленных зданий.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** трубопровод, расчетная модель, теплофизические свойства материалов, коэффициент теплопроводности, расчет температурных полей.

На сегодняшний день актуальными вопросами являются технические и экологические аспекты эксплуатации трубопроводов [1—7].

При эксплуатации технологического промышленного трубопровода неизбежно возникнет ситуация, когда прокачка воды, вследствие аварийной остановки, может быть прекращена. При этом предполагается, что труба не изолирована, поскольку по трубе, в соответствии с технологическим процессом, прокачивается большой объем воды. В таком случае неизбежно встает вопрос: какой временной интервал нужен для устранения причины остановки и ремонта трубопровода? Ответить на данный вопрос можно учитывая условия остановки движения воды, исходя из экономии машинных ресурсов, а также рассматривая данные как теплотехническую задачу.

Задача решалась методом конечных элементов (рис. 1) с использованием программы COMSOL Multiphysics v4.3a\* [8—16].

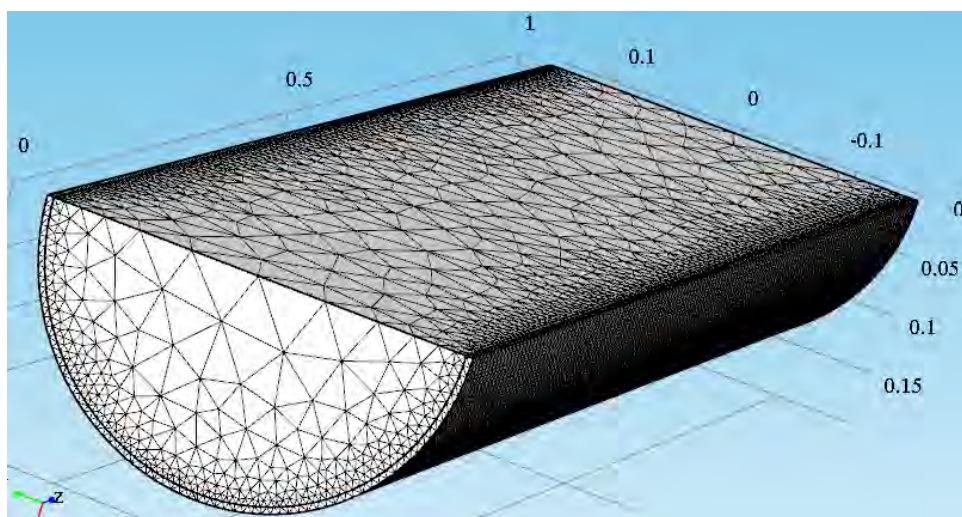


Рис. 1. Сетка конечных элементов

\* Сайт компании разработчика пакета COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс] // [www.comsol.com](http://www.comsol.com). Режим доступа: <http://www.comsol.com/>, свободный.

Используя симметрию, в качестве расчетной модели рассмотрена половина сечения трубы диаметра 325 мм, длиной 1 м, с толщиной стенки 5 мм. Расчеты выполнены для не изолированной трубы и для трубы, изолированной утеплителем толщиной 50 мм с коэффициентами теплопроводности  $\lambda = 0,04$  и  $\lambda = 0,06$  Вт/(м · К). Кроме этого, рассмотрены варианты с начальными значениями температуры воды при остывании +20, 30 и 40 °С.

Начальные условия по температуре для расчетной модели приняты равными 20 °С. Для более быстрого решения задачи в начале расчета к внешней поверхности металлической трубы прикладывалась температура от +1 до –28 °С (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

*Температура наружного воздуха для наиболее холодной пятидневки г. Волгограда*

| Время, с | $T_{нар}, ^\circ\text{C}$ |
|----------|---------------------------|
| 0        | 1                         |
| 10       | 0                         |
| 300      | –3                        |
| 600      | –28                       |
| 1200     | –28                       |
| 1800     | –28                       |
| 2400     | –28                       |
| 3000     | –28                       |
| 3600     | –28                       |

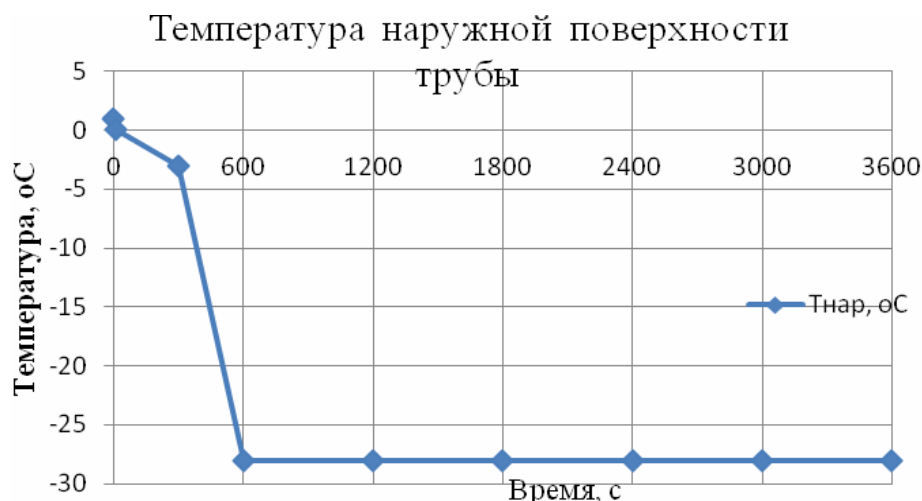


Рис. 2. Температура наружного воздуха для наиболее холодной пятидневки г. Волгограда

Теплотехнические характеристики материалов приведены в табл. 2, при этом теплофизические характеристики воды принимались нелинейными, зависящими от температуры [17].

Т а б л и ц а 2

Теплотехнические характеристики материалов

| Сталь                        |                   |          | Вода             | Утеплитель       |                  |
|------------------------------|-------------------|----------|------------------|------------------|------------------|
|                              |                   |          |                  | $\lambda = 0,04$ | $\lambda = 0,06$ |
| Наименование                 | Ед. изм.          | Значение |                  |                  |                  |
| Теплоемкость                 | Дж/(кг · К)       | 475      | $C = f(t)$       | 840              | 840              |
| Плотность                    | кг/м <sup>3</sup> | 7850     | $\rho = f(t)$    | 40               | 40               |
| Коэффициент теплопроводности | Вт/(м · К)        | 44,5     | $\lambda = f(t)$ | 0,04             | 0,06             |

Распределение температурных полей определялось из решения дифференциального уравнения:

$$\rho C_p U \nabla T = \nabla (k \nabla T) + Q$$

при граничных условиях:

$$-n(-k \nabla T) = 0 \dots$$

При выполнении расчетов контролировалась интегральная температура воды в объеме трубы и температура внутренней поверхности трубы. Результаты расчетов показали, что интегральная температура воды в трубе без изоляции через 2,5 часа составляет  $-0,9^\circ\text{C}$  (табл. 3, рис. 3). Интегральная температура воды в трубе без изоляции с начальной температурой  $+30^\circ\text{C}$  через 4 часа составляет  $-1,37^\circ\text{C}$  (табл. 4). Интегральная температура воды в трубе без изоляции с начальной температурой  $+40^\circ\text{C}$  через 5 часов составляет  $-0,46^\circ\text{C}$  (табл. 5).

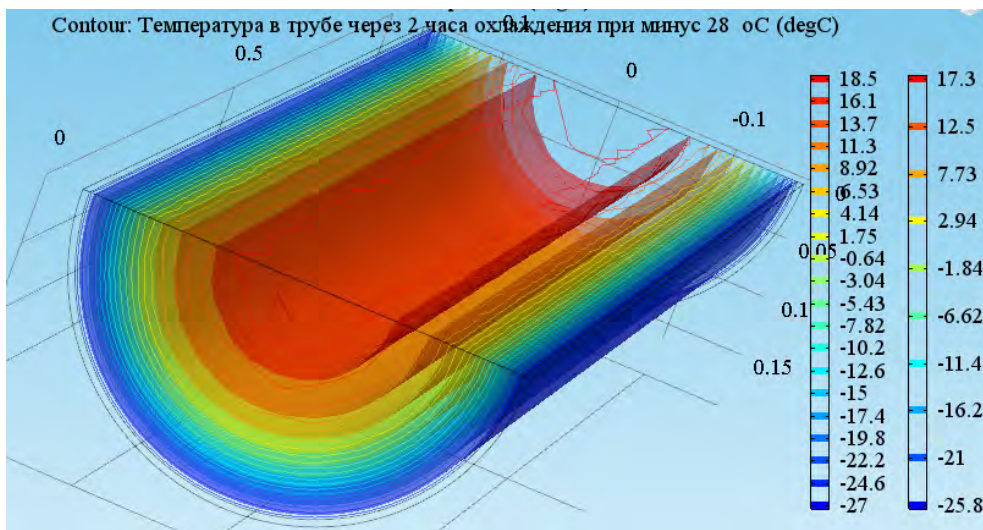


Рис. 3. Температура в трубе через 2 часа охлаждения при  $-28^\circ\text{C}$

Таблица 3

*Температура в трубе без изоляции при начальном значении, равном +20 °С*

| Время, час | Вода в объеме, °С | Внутренняя поверхность трубы, °С |
|------------|-------------------|----------------------------------|
| 0,000      | 20,0              | 17,7                             |
| 0,250      | 13,9              | -28,0                            |
| 0,500      | 10,6              | -28,0                            |
| 0,750      | 8,4               | -28,1                            |
| 1,000      | 6,6               | -28,1                            |
| 1,250      | 5,0               | -28,1                            |
| 1,500      | 3,6               | -28,1                            |
| 1,750      | 2,3               | -28,1                            |
| 2,000      | 1,1               | -28,1                            |
| 2,083      | 0,8               | -28,1                            |
| 2,167      | 0,5               | -28,1                            |
| 2,250      | 0,1               | -28,1                            |
| 2,500      | -0,9              | -28,1                            |

Таблица 4

*Температура в трубе без изоляции при начальном значении, равном +30 °С*

| Время, час | Вода в объеме, °С | Внутренняя поверхность трубы, °С |
|------------|-------------------|----------------------------------|
| 0,000      | 29,83             | 27,134                           |
| 0,167      | 24,181            | -26,909                          |
| 0,333      | 20,647            | -27,978                          |
| 0,500      | 18,348            | -28,017                          |
| 0,667      | 16,522            | -28,037                          |
| 0,833      | 14,917            | -28,052                          |
| 1,000      | 13,537            | -28,062                          |
| 1,167      | 12,292            | -28,069                          |
| 1,333      | 11,086            | -28,076                          |
| 1,500      | 10,03             | -28,081                          |
| 1,667      | 8,9747            | -28,086                          |
| 1,833      | 8,0402            | -28,089                          |
| 2,000      | 7,1218            | -28,093                          |
| 2,167      | 6,253             | -28,096                          |
| 2,333      | 5,4373            | -28,098                          |
| 2,500      | 4,6283            | -28,101                          |
| 2,667      | 3,8929            | -28,103                          |
| 2,833      | 3,1575            | -28,105                          |
| 3,000      | 2,4426            | -28,107                          |
| 3,167      | 1,7537            | -28,108                          |
| 3,333      | 1,0851            | -28,11                           |
| 3,500      | 0,43977           | -28,112                          |

Окончание табл. 4

| Время, час | Вода в объеме, °С | Внутренняя поверхность трубы, °С |
|------------|-------------------|----------------------------------|
| 3,667      | –0,18366          | –28,113                          |
| 3,833      | –0,78671          | –28,114                          |
| 4,000      | –1,369            | –28,115                          |

Таблица 5

*Температура в трубе без изоляции при начальном значении, равном +40 °С*

| Время, час | Вода в объеме, °С | Внутренняя поверхность трубы, °С |
|------------|-------------------|----------------------------------|
| 0,000      | 39,83             | 36,62                            |
| 0,167      | 32,92             | –27,04                           |
| 0,333      | 28,91             | –27,95                           |
| 0,500      | 26,20             | –28,00                           |
| 0,667      | 24,07             | –28,02                           |
| 0,833      | 22,19             | –28,04                           |
| 1,000      | 20,59             | –28,05                           |
| 1,167      | 19,12             | –28,06                           |
| 1,333      | 17,71             | –28,06                           |
| 1,500      | 16,46             | –28,07                           |
| 1,667      | 15,22             | –28,08                           |
| 1,833      | 14,15             | –28,08                           |
| 2,000      | 13,10             | –28,08                           |
| 2,167      | 12,05             | –28,09                           |
| 2,333      | 11,12             | –28,09                           |
| 2,500      | 10,21             | –28,09                           |
| 2,667      | 9,29              | –28,10                           |
| 2,833      | 8,47              | –28,10                           |
| 3,000      | 7,66              | –28,10                           |
| 3,167      | 6,85              | –28,10                           |
| 3,333      | 6,11              | –28,10                           |
| 3,500      | 5,38              | –28,10                           |
| 3,667      | 4,65              | –28,11                           |
| 3,833      | 3,95              | –28,11                           |
| 4,000      | 3,27              | –28,11                           |
| 4,167      | 2,60              | –28,11                           |
| 4,333      | 1,95              | –28,11                           |
| 4,500      | 1,32              | –28,11                           |
| 4,667      | 0,71              | –28,11                           |
| 4,833      | 0,12              | –28,12                           |
| 5,000      | –0,46             | –28,12                           |

Сравнение вариантов расчета с начальным значением температуры воды 20, 30 и 40 °С представлено на рис. 4.

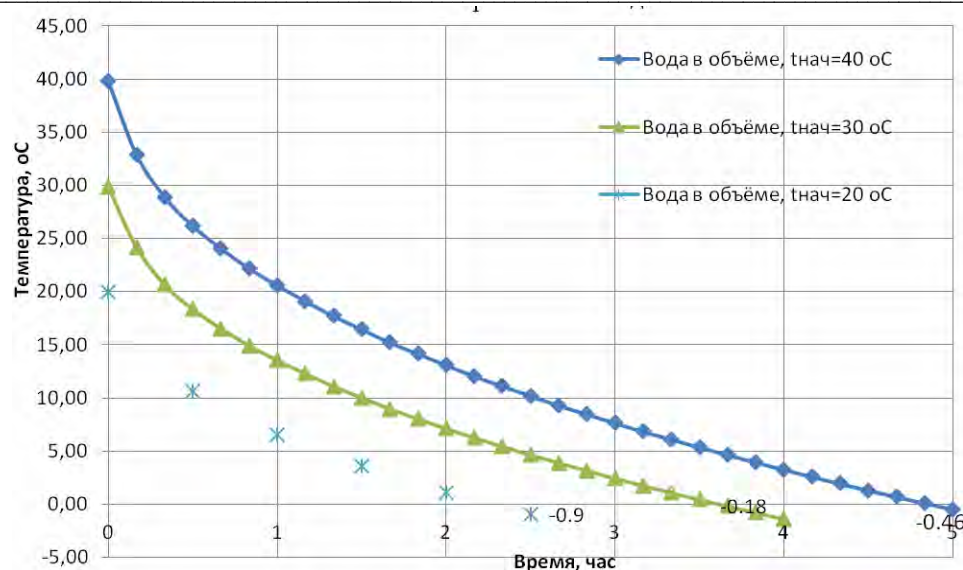


Рис. 4. Температура воды в трубе диаметром 325 мм, без изоляции в зависимости от времени охлаждения

В табл. 6 и на рис. 7 представлены результаты расчета температуры в трубе с изоляцией толщиной 50 мм при начальном значении температуры воды, равной +20 °C, и различными характеристиками коэффициента теплопроводности изоляции.

Т а б л и ц а 6

*Температура в трубе с изоляцией при начальном значении температуры воды, равной +20 °C*

| Время, час | Теплоизоляция $\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м·К)}$ |                              | Теплоизоляция $\lambda = 0,06 \text{ Вт/(м·К)}$ |                              |
|------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
|            | Вода в объеме                                   | Внутренняя поверхность трубы | Вода в объеме                                   | Внутренняя поверхность трубы |
| 0          | 20                                              | 20                           | 20                                              | 20                           |
| 1,0        | 19,7                                            | 18,5                         | 19,5                                            | 17,8                         |
| 2,0        | 19,3                                            | 17,7                         | 18,9                                            | 16,5                         |
| 3,0        | 18,8                                            | 17,0                         | 18,3                                            | 15,6                         |
| 4,0        | 18,4                                            | 16,4                         | 17,7                                            | 14,7                         |
| 5,0        | 18,0                                            | 15,9                         | 17,1                                            | 14,0                         |
| 6,0        | 17,6                                            | 15,4                         | 16,5                                            | 13,3                         |
| 7,0        | 17,2                                            | 14,9                         | 15,9                                            | 12,7                         |
| 8,0        | 16,8                                            | 14,5                         | 15,3                                            | 12,1                         |
| 9,0        | 16,4                                            | 14,1                         | 14,8                                            | 11,4                         |
| 10,0       | 16,0                                            | 13,7                         | 14,2                                            | 10,9                         |
| 11,0       | 15,6                                            | 13,3                         | 13,7                                            | 10,3                         |
| 12,0       | 15,2                                            | 12,9                         | 13,1                                            | 9,8                          |
| 14,0       | 14,4                                            | 12,1                         | 12,1                                            | 8,8                          |
| 16,0       | 13,7                                            | 11,3                         | 11,1                                            | 7,8                          |



Окончание табл. 6

| Время, час | Теплоизоляция $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К) |                              | Теплоизоляция $\lambda = 0,06$ Вт/(м·К) |                              |
|------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|
|            | Вода в объеме                           | Внутренняя поверхность трубы | Вода в объеме                           | Внутренняя поверхность трубы |
| 18,0       | 13,0                                    | 10,6                         | 10,1                                    | 6,9                          |
| 20,0       | 12,2                                    | 9,9                          | 9,1                                     | 5,9                          |
| 22,0       | 11,5                                    | 9,2                          | 8,2                                     | 5,1                          |
| 24,0       | 10,8                                    | 8,6                          | 7,3                                     | 4,2                          |
| 30,0       | 8,8                                     | 6,6                          | 4,7                                     | 1,8                          |
| 32,0       | 8,2                                     | 6,0                          | 3,9                                     | 1,0                          |
| 35,0       | 7,2                                     | 5,1                          | 2,6                                     | -0,1                         |
| 36,0       | 6,9                                     | 4,8                          | 2,2                                     | -0,5                         |
| 40,0       | 5,6                                     | 3,6                          | 0,7                                     | -1,9                         |
| 42,0       | 5,0                                     | 3,0                          | -0,1                                    | -2,6                         |
| 44,0       | 4,4                                     | 2,5                          | -0,8                                    | -3,2                         |
| 46,0       | 3,8                                     | 1,9                          | -1,5                                    | -3,9                         |
| 48,0       | 3,3                                     | 1,4                          | -2,2                                    | -4,5                         |
| 52,0       | 2,1                                     | 0,3                          | -3,5                                    | -5,7                         |
| 53,0       | 1,9                                     | 0,0                          | -3,9                                    | -6,0                         |
| 53,3       | 1,8                                     | 0,0                          | -4,0                                    | -6,1                         |
| 54,0       | 1,6                                     | -0,2                         | -4,2                                    | -6,3                         |
| 56,0       | 1,0                                     | -0,7                         | -4,8                                    | -6,9                         |
| 60,0       | 0,0                                     | -1,7                         | -6,0                                    | -8,0                         |
| 60,3       | -0,1                                    | -1,8                         | -6,1                                    | -8,1                         |
| 60,7       | -0,2                                    | -1,9                         | -6,2                                    | -8,2                         |
| 62,0       | -0,5                                    | -2,2                         | -6,6                                    | -8,5                         |

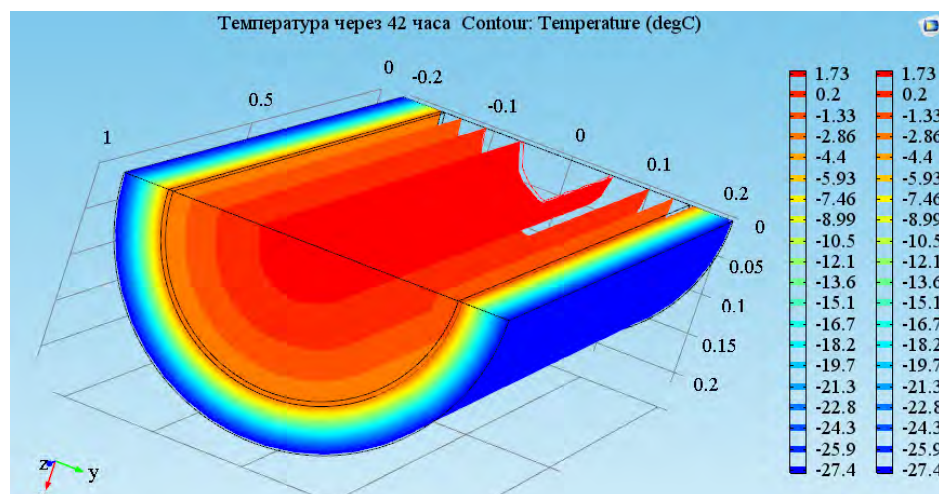


Рис. 5. Интегральная температура воды в трубе с изоляцией с  $\lambda = 0,06$  через 42 часа равна  $-0,1$  °С

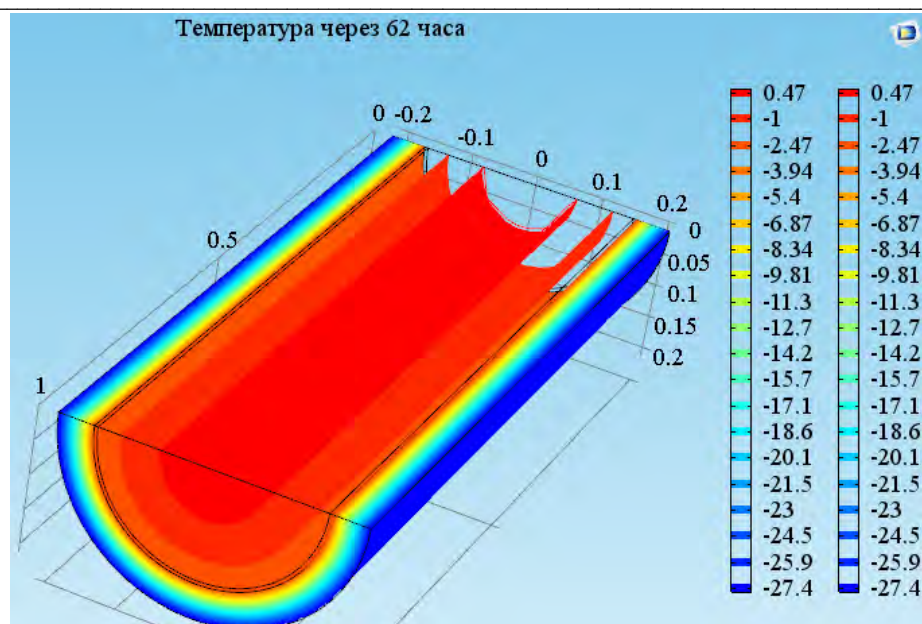


Рис. 6. Интегральная температура воды в трубе с изоляцией с  $\lambda = 0,04$  через 62 часа равна  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

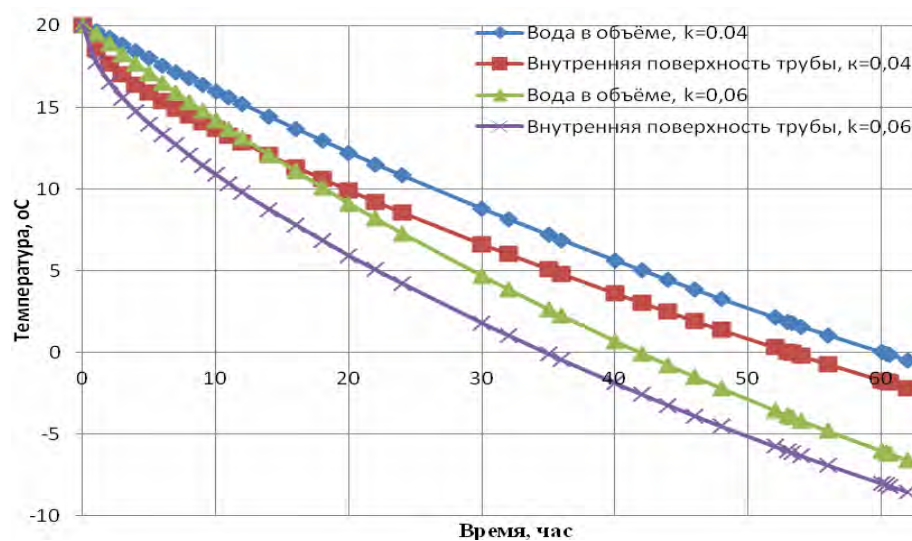


Рис. 7. Температура в трубе с изоляцией толщиной 50 мм в зависимости от времени охлаждения

### Выводы:

1. Результаты расчетов показали, что интегральная температура воды с начальным значением  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в трубе без изоляции через 2,5 часа составляет  $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , (см. табл. 3, рис. 3). Интегральная температура воды в трубе без изоляции с начальной температурой  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  через 4 часа составляет  $-1,37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , (см. табл. 4). Интегральная температура воды в трубе без изоляции с начальной температурой  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  через 5 часов составляет  $-0,46\text{ }^{\circ}\text{C}$ , (см. табл. 5).

2. Для надежной эксплуатации необходимо выполнять трубопровод с изоляцией, вне зависимости от скорости потока воды.

3. Интегральная температура воды с начальным значением  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в трубе с изоляцией с  $\lambda = 0,06$  через 42 часа составляет  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. табл. 6, рис. 5, 7). Интегральная температура воды с начальным значением  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в трубе с изоляцией с  $\lambda = 0,04$  через 62 часа составляет  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (см. табл. 6, рис. 6, 7).

4. Изоляция трубопровода позволяет в 12—17 раз увеличить время замерзания трубопровода диаметром 325 мм при возникновении аварии.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпов А. И., Корепанов М. А., Шаклеин А. А. Оценка теплового состояния системы водоснабжения в условиях низких температур // Труды Института механики УрО РАН «Проблемы механики и материаловедения». Ижевск, 2015. С. 109—114.
2. Абрамян С. Г., Атопов В. И. Экологический аудит технологических процессов при реконструкции и капитальном ремонте магистральных трубопроводов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2002. Вып. 2(5). С. 202—205.
3. Абрамян С. Г. Проблемы экологии при капитальном ремонте магистральных трубопроводов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Естественные науки. 2002. Вып. 2(6). С. 186—189.
4. Ахмедов А. М. Современное состояние магистральных трубопроводов и технологий нанесения изоляционных покрытий при строительстве и капитальном ремонте // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 3(28). Ст. 6. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=100>
5. Китанин Э. Л., Смирнов Ю. А., Лебедев М. Е. Развитие течения и теплообмена при заполнении водой трубопровода с начальной температурой стенки ниже точки замерзания // Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 4. С. 805—811.
6. Степанов В. В., Тутнов И. А. Выбор принципов построения информационной модели промышленной безопасности трубопроводов воды и пара высокого давления // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2011. № 117. С. 214—220.
7. Великородный Я. А., Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г. К вопросу инженерной методики расчета приведенного термического сопротивления многослойных конструкций с неоднородными включениями // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 1(31). Ст. 10. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=109>
8. Comsol v.4.4. Nonlinear Structural Materials Module User's Guide. URL: [https://lost-contact.mit.edu/afs/pdc.kth.se/roots/ilse/v0.7/pdc/vol/comsol/4.4.248/doc/pdf/Nonlinear\\_Structural\\_Materials\\_Module/NonlinearStructuralMaterialsModuleUsersGuide.pdf](https://lost-contact.mit.edu/afs/pdc.kth.se/roots/ilse/v0.7/pdc/vol/comsol/4.4.248/doc/pdf/Nonlinear_Structural_Materials_Module/NonlinearStructuralMaterialsModuleUsersGuide.pdf)
9. Comsol v.4.4. COMSOL Multiphysics. User's Guide.
10. Bianchi Janetti M., Ochs F., Pfluger R. Coupling Forced Convection in Air Gaps with Heat and Moisture. Comsol Conference. Milan, 2012.
11. Красников Г. Е., Нагорнов О. В., Старостин Н. В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. 184 с.
12. Бирюлин Г. В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB DOC. Методическое пособие. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. 78 с.
13. Chung J., Hulbert G. M. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method // J. Appl. Mech. 1993. Vol. 60. Iss. 2. Pp. 371—375. DOI: 10.1115/1.2900803
14. SUNDIALS: Suite of nonlinear and differential/algebraic equation solvers / A.C. Hindmarsh, P. N. Brown, K. E. Grant, S. L. Lee, R. Serban, D. E. Shumaker, C. S. Woodward // ACM T. Math. Software. 2005. V. 31. Iss. 3. P. 363—369. DOI: 10.1145/1089014.1089020
15. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems // SIAM J. Sci. Comput. 1994. Vol. 15. No. 6. Pp. 1467—1488. DOI: 10.1137/0915088

16. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life // *Energy and Buildings*. 2012. No. 47. Pp. 84—90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.030>

17. Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. М.: МЭИ, 1999. 168 с.

© Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г. Расчет времени замерзания воды в трубе диаметром 325 мм // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 7—17.

Об авторах:

**Жарков Анатолий Федорович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, jarko55@yandex.ru

**Чеснокова Оксана Геннадьевна** — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, oxxxana72@yandex.ru

**A. F. Zharkov, O. G. Chesnokova**

## CALCULATION OF WATER'S FREEZING TIME IN A PIPE OF DIAMETER 325 MM

The article deals with the results of the calculation of water's freezing time in a pipe of diameter 325 mm, depending on its thermal insulation. The mathematical and graphical analyses are conducted. The experience of operation of industrial pipelines in industrial buildings is summarized.

**Key words:** pipeline, calculation model, thermal properties of materials, thermal conductivity coefficient, calculation of temperature fields.

## REFERENCES

1. Karpov A. I., Korepanov M. A., Shaklein A. A. [Assessment of a thermal state of water supply system under low temperatures]. *Trudy Instituta mekhaniki UrO RAN «Problemy mekhaniki i materialovedeniya»* [Scientific works of Institute of Mechanics Ural Branch of Russian Academy of Sciences "Problems of Mechanics and Material Engineering"], Izhevsk, 2015, pp. 109—114.
2. Abramyan S. G., Atopov V. I. [Environmental audit of technological processes under reconstruction and major repairs of main pipelines]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], no. 2(5), pp. 202—205.
3. Abramyan S. G. [Environmental problems caused by major repairs of main pipelines]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2002, no. 2(6), pp. 186—189.
4. Akhmedov A. M. [Current state of the main pipelines and technologies of isolation materials at construction and repair]. *Vestnik VolgGASU*, 2013, no. 3(28), paper 6. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=100>
5. Kitanin E. L., Smirnov Yu. A., Lebedev M. E. Development of Flow and Heat Transfer During Filling a Pipeline with Water at the Pipe Wall Temperature Below the Freezing Point. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2016, 89(4), pp. 808—814. DOI: 10.1007/s10891-016-1440-6

6. Stepanov V. V., Tutnov I. A. [Selection of principles of development of the information model of industrial safety of water and high-pressure vapor pipelines]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta* [St. Petersburg State Polytechnical University Journal], 2011, no. 117, pp. 214—220.
7. Velikorodnyi Y. A., Zharkov A. F., Chesnokova O. G. [Engineering method of calculation of reduced thermal resistance of multilayer constructions with heterogeneous connections]. *Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 3(31), paper 10. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=109>
8. *Comsol v.4.4. Nonlinear Structural Materials Module User's Guide*. URL: [https://lost-con-tact.mit.edu/afs/pdc.kth.se/roots/ilse/v0.7/pdc/vol/comsol/4.4.248/doc/pdf/Nonlinear\\_Structural\\_Materials\\_Module/NonlinearStructuralMaterialsModuleUsersGuide.pdf](https://lost-con-tact.mit.edu/afs/pdc.kth.se/roots/ilse/v0.7/pdc/vol/comsol/4.4.248/doc/pdf/Nonlinear_Structural_Materials_Module/NonlinearStructuralMaterialsModuleUsersGuide.pdf)
9. *Comsol v.4.4. COMSOL Multiphysics. User's Guide*.
10. Bianchi Janetti M., Ochs F., Pfluger R. Coupling Forced Convection in Air Gaps with Heat and Moisture. *Comsol Conference*. Milan, 2012.
11. Krasnikov G. E., Nagornov O. V., Starostin N. V. *Modelirovanie fizicheskikh protsessov s ispol'zovaniem paketa Comsol Multiphysics* [Modeling of physical processes using Comsol Multiphysics package]. Moscow, NRNU MEPhI, 2012. 184 p.
12. Biryulin G. V. *Teplofizicheskie raschety v konechno-elementnom pakete COMSOL / FEMLAB DOC. Metodicheskoe posobie* [Thermo-physical estimations in the finite element package COMSOL/FEMLAB DOC. Resource book]. Saint Petersburg, ITMO University, 2006. 78 p.
13. Chung J., Hulbert G. M. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method. *J. Appl. Mech.*, 1993, 60(2), pp. 371—375. DOI: 10.1115/1.2900803
14. Hindmarsh A.C., Brown P.N., Grant K.E., Lee S.L., Serban R., Shumaker D.E., Woodward C.S. SUNDIALS: Suite of nonlinear and differential/algebraic equation solvers. *ACM T. Math. Software*, 2005, 31(3), pp. 363—369. DOI: 10.1145/1089014.1089020
15. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems. *SIAM J. Sci. Comput.*, 1994, 15(6), pp. 1467—1488. DOI: 10.1137/0915088
16. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. *Energy and Buildings*, 2012, no. 47, pp. 84—90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.030>
17. Aleksandrov A. A., Grigor'ev B. A. *Tablitsy teplofizicheskikh svoystv vody i vodyanogo para: Spravochnik* [Tables of thermal-physical properties of water and water vapor. Reference book]. Moscow, MEI Publ., 1999. 168 p.

*For citation:*

Zharkov A. F., Chesnokova O. G. [Calculation of water's freezing time in a pipe of diameter 325 mm]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 7—17.

*About authors:*

**Zharkov Anatolii Fedorovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, jarko55@yandex.ru

**Chesnokova Oksana Gennad'evna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, oxxxana72@yandex.ru

УДК 699.86

**С. В. Корниенко**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОССИЙСКИХ НОРМ ПО ВЛАГОЗАЩИТЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Выявлены недостатки нормирования влагозащитных свойств ограждающих конструкций согласно СП 50.13330.2012. Содержатся предложения по гармонизации российских норм по влагозащите ограждающих конструкций с международными нормативными документами.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** гражданское строительство, проектирование, нормы проектирования, строительная ограждающая конструкция, влагозащита, конденсация влаги, влагонакопление.

**Введение.** Актуальной проблемой современной архитектуры и строительства является защита от влаги ограждающих конструкций. Влагозащита оказывает существенное влияние на теплозащитные свойства ограждающих конструкций, микроклимат помещений, долговечность строительных материалов и конструкций [1—16].

Современные требования по влагозащите ограждающих конструкций содержатся в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (п. 8). Согласно этому нормативному документу оценка влажностного режима ограждающих конструкций производится по предельно допустимому состоянию увлажнения исходя из двух условий: недопустимость систематического накопления влаги за годовой период эксплуатации (условие «а») и ограничение приращения влаги за период влагонакопления, т. е. период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха (условие «б»). Оценка влагозащитных свойств конструкции производится на основе определения плоскости максимального увлажнения, относительно которой исходя из условий «а» и «б» определяются требуемые значения сопротивления паропрооницанию и проверяется необходимость устройства дополнительной пароизоляции в конструкции. При этом отсутствует возможность оценки влагонакопления в ограждающих конструкциях в годовом цикле.

**Методы.** Анализ СП 50.13330.2012 позволил выявить недостатки нормирования влагозащитных свойств ограждающих конструкций.

Так, в обязательном приложении Б указанного документа отсутствует определение базового термина «плоскость максимального увлажнения», что затрудняет понимание алгоритма расчета и интерпретацию результатов.

Алгоритм определения плоскости максимального увлажнения (п. 8.5) дает физически необоснованный результат и нуждается в корректировке. Результаты расчета по СП 50.13330.2012 для широко применяемых в практике строительства стеновых ограждающих конструкций в виде кладки газобетонных блоков с фасадными теплоизоляционными композиционными системами (СФТК) показывают [17] наличие двух плоскостей максимального увлажнения — в слое утеплителя (первая плоскость) и на границе кладки газобетонных блоков и клеевого слоя утеплителя (вторая плоскость). Однако располо-

жение второй плоскости максимального увлажнения не подтверждается расчетом на основе профилей парциального давления водяного пара и давления насыщенного водяного пара в конструкции. Вышеуказанный алгоритм расчета не применим к ограждающим конструкциям с мультizonальной конденсацией влаги [18]. Для таких конструкций результаты расчета по СП 50.13330.2012 показывают наличие двух плоскостей максимального увлажнения как в базовом, так и дополнительном слоях теплоизоляции. В силу п. 8.5.5 указанного документа, если при расчете обнаружилось две плоскости, то за плоскость максимального увлажнения принимается плоскость, расположенная в слое утеплителя. Однако неясно, в каком слое — базовом или дополнительном.

Кроме того, при определении требуемых значений сопротивления паропроницанию ограждающих конструкций не учитывается изменение параметров микроклимата помещений в течение года [19]. При определении сопротивлений теплообмену у внутренней поверхности конструкции не учитывается направление теплового потока. В расчетах влажностного режима не учитываются сопротивления влагообмену у внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции [20]. Указанные обстоятельства могут внести существенную погрешность в результаты расчетов.

В табл. 10 СП 50.13330.2012 отсутствуют значения предельно допустимого приращения влажности, используемого для расчета требуемого сопротивления паропроницанию ограждающих конструкций по условию «б», для ряда эффективных теплоизоляционных материалов, широко применяемых в современной практике строительства, таких как плит экструдированного пенополистирола, модифицированного полистиролбетона, изделий из газобетона автоклавного твердения, крупноформатных керамических камней и др. Поэтому требуется корректировка этой таблицы в связи с появлением новых строительных материалов и конструкций.

Выявленные недостатки нормирования влагозащитных свойств ограждающих конструкций, согласно СП 50.13330.2012, указывают на актуальность задачи совершенствования российских норм по влагозащите конструкций.

Актуальность этой задачи возрастает в связи с тем, что согласно постановлению Правительства РФ от 26.12.2014 № 1521 с 1 июля 2015 года из СП 50.13330.2012 (п. 8) исключен метод расчета защиты от переувлажнения ограждающих конструкций для применения на обязательной основе. Для обязательного применения остаются в силе только нормативные требования по влагозащите ограждений (подпункты «а» и «б» п. 8.1).

На наш взгляд, существует два пути совершенствования российских норм по влагозащите ограждающих конструкций:

совершенствование метода расчета СП 50.13330.2012;

гармонизация методов расчета с международными стандартами.

Обсуждение вопросов, связанных с перспективами развития метода СП 50.13330.2012, выходит за рамки данной статьи.

В данной статье предложены методы гармонизации российских норм по влагозащите ограждающих конструкций с международными нормативными документами.

Разработаны методы инженерной оценки влагонакопления в ограждающих конструкциях в годовом цикле на основе определения плоскостей кон-

денсации влаги в ограждении в наиболее холодный месяц года с последующим анализом динамики влагонакопления в плоскостях конденсации по месяцам в течение года [20]. Указанные методы применимы для многослойных ограждающих конструкций с одномерным влагопереносом по механизму диффузии водяного пара при стационарных граничных условиях.

В отличие от термина «плоскость максимального увлажнения», используемого в СП 50.13330.2012, в разработанных методах применяются традиционные термины: «зона конденсации влаги» и «плоскость конденсации влаги».

Зона конденсации влаги — участок ограждающей конструкции, на котором выполняется условие конденсации влаги:  $p \geq p_{sat}$  ( $p$  — парциальное давление водяного пара в ограждении;  $p_{sat}$  — давление насыщенного водяного пара).

Плоскость конденсации влаги — сечение ограждающей конструкции в зоне конденсации, в котором отклонение  $p$  от  $p_{sat}$  достигает максимального значения.

Правомерность использования в этих определениях неравенства  $p \geq p_{sat}$  рассмотрена в разделе «Результаты и обсуждение».

Расчет влагонакопления в ограждающей конструкции в годовом цикле производится с целью оценки годового баланса влаги в следующей последовательности:

1. Определяются плоскости конденсации влаги в ограждающей конструкции в наиболее холодный месяц года на основе расчета профилей температуры, парциального давления водяного пара и давления насыщенного водяного пара по толщине ограждающей конструкции.

2. Производится оценка влажностного режима ограждающей конструкции по месяцам в годовом цикле в плоскостях конденсации влаги.

Если в ограждении плоскости конденсации влаги отсутствуют, то влагонакопления в течение года не происходит. В противном случае для каждого месяца года на основании баланса влаги находится количество влаги, накапливаемой в каждой плоскости конденсации.

Плотность потока влаги  $g_i$ , мг/(м<sup>2</sup>·ч), приходящей к плоскости конденсации, определяется по формуле

$$g_i = \frac{p_{int} - p_{sat}^*}{R_{vi}}, \quad (1)$$

где  $p_{int}$  — среднемесячное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, определяемое по его температуре и относительной влажности;  $p_{sat}^*$  — значение давления насыщенного водяного пара в плоскости конденсации влаги;  $R_{vi}$  — сопротивление паропроонианию на участке от внутреннего воздуха до плоскости конденсации влаги.

Плотность потока влаги  $g_e$ , мг/(м<sup>2</sup>·ч), уходящей от плоскости конденсации, определяется по формуле

$$g_e = \frac{p_{sat}^* - p_{ext}}{R_{ve}}, \quad (2)$$

где  $p_{ext}$  — среднемесячное парциальное давление водяного пара наружного воздуха;  $R_{ve}$  — сопротивление паропроонианию на участке от плоскости конденсации влаги до наружного воздуха.



Приращение влаги  $\Delta g$ ,  $\text{кг/м}^2$ , в плоскости конденсации в текущем месяце определяется по разности плотностей потока влаги, приходящей к этой плоскости и уходящей от нее, по формуле

$$\Delta g = 24 \cdot 10^{-6} (g_i - g_e) z_m, \quad (3)$$

где  $z_m$  — число суток в данном месяце.

Используя формулу (3), определяется количество влаги, накопленной в ограждении с начала расчета. По годовому балансу влаги выполняется оценка влагозащитных свойств ограждающей конструкции (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Оценка влагозащитных свойств ограждающих конструкций*

| Результат расчета                                                                                                                                            | Оценка влагозащиты                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Плоскости конденсации влаги отсутствуют в наиболее холодный месяц года                                                                                    | Конструкция отвечает условиям «а» и «б» по влагозащите                                                                                      |
| 2. Конденсация влаги происходит в одной или нескольких плоскостях конденсации, но влагонакопление в каждой плоскости конденсации к концу расчета отсутствует | Систематического влагонакопления в ограждающей конструкции за годовой период не происходит, конструкция отвечает условию «а» по влагозащите |
| 2.1. Максимальное количество влаги в каждой плоскости конденсации не превышает критического значения                                                         | Ограждающая конструкция отвечает условию «б» по влагозащите                                                                                 |
| 2.2. Максимальное количество влаги в какой-либо плоскости конденсации превышает критическое значение                                                         | Ограждающая конструкция не отвечает условию «б» по влагозащите                                                                              |
| 3. К концу расчета имеет место влагонакопление в какой-либо плоскости конденсации                                                                            | Конструкция не отвечает условию «а» по влагозащите                                                                                          |

Более подробно алгоритмы определения плоскости конденсации влаги и расчета влагонакопления в ограждающей конструкции в годовом цикле изложены в [20]. Разработанные алгоритмы расчета удобны для реализации в компьютерных программах.

**Результаты и обсуждение.** При обсуждении результатов исследования ключевым вопросом является обоснование определения зоны конденсации в ограждении.

Тот факт, что по физическому смыслу  $p$  не может превосходить  $p_{sat}$ , общеизвестен. Однако это не исключает возможность использования условия  $p \geq p_{sat}$  в различных оценочных моделях. В энциклопедии показано, что стационарную влагопередачу «чаще всего рассматривают при оценке ограждающих конструкций, например, при определении зоны конденсации в конструкции» [21]. При этом «зоной конденсации считается та часть конструкции, где упругость водяного пара превышает максимальные значения» [21, с. 78]. Использование неравенства  $p \geq p_{sat}$  наглядно проиллюстрировано в классическом учебнике по строительной теплофизике, где на примере двухслойной наружной стены, утепленной изнутри (рис. III.2, б, с. 139), показано

превышение парциального давления водяного пара над давлением насыщенного водяного пара, а вертикальной штриховкой отмечено условие возможной конденсации. Именно такая **расчетная** ситуация использована в разработанных методах при определении зоны конденсации влаги в конструкции (рис. 1).

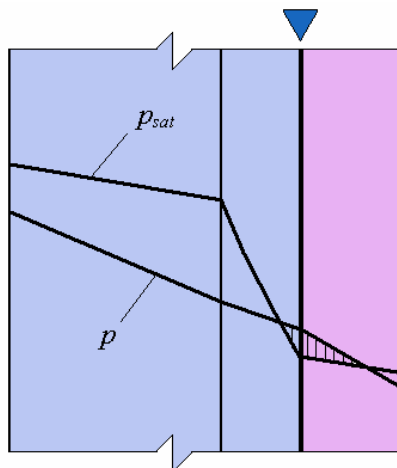


Рис. 1. Схема конденсации влаги в конструкции: штриховкой показана зона конденсации влаги, треугольником — плоскость конденсации влаги

При этом график  $p(x)$  является вспомогательным и используется только при определении зоны конденсации влаги. Перестроение профиля  $p(x)$  в масштабе сопротивления паропроницанию не требуется. Выполнение условия  $p \leq p_{sat}$  в данном методе обеспечивается при написании баланса влаги в плоскости конденсации, что полностью согласуется с физическими основами рассматриваемого процесса (рис. 2).

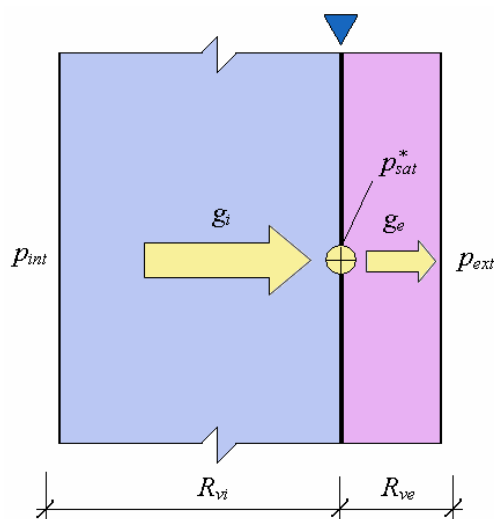


Рис. 2. Схема определения баланса влаги в конструкции

Сравнение результатов определения плоскостей конденсации влаги в трехслойной стеновой ограждающей конструкции с дополнительным теплоизоляционным слоем в холодный период года, полученных разработанным методом (рис. 3) и методом К. Ф. Фокина [23] путем перестроения результатов в масштабе сопротивления паропрооницанию (рис. 4), показывает полное совпадение результатов, что подтверждает достоверность разработанного метода. По сравнению с методом К. Ф. Фокина, разработанный метод имеет меньшую трудоемкость при сопоставимой точности результатов расчета.

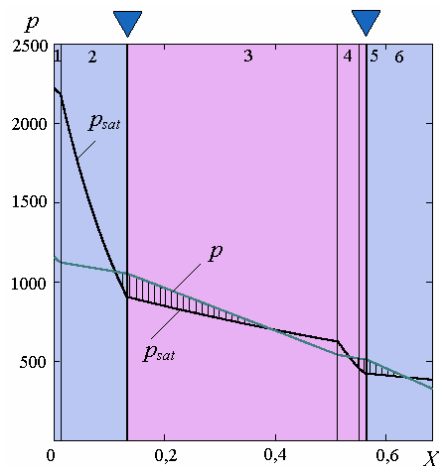


Рис. 3. Определение плоскостей конденсации влаги в ограждающей конструкции разработанным методом:  $p$  — парциальное давление водяного пара, Па;  $p_{sat}$  — давление насыщенного водяного пара, Па;  $X$  — координата, м

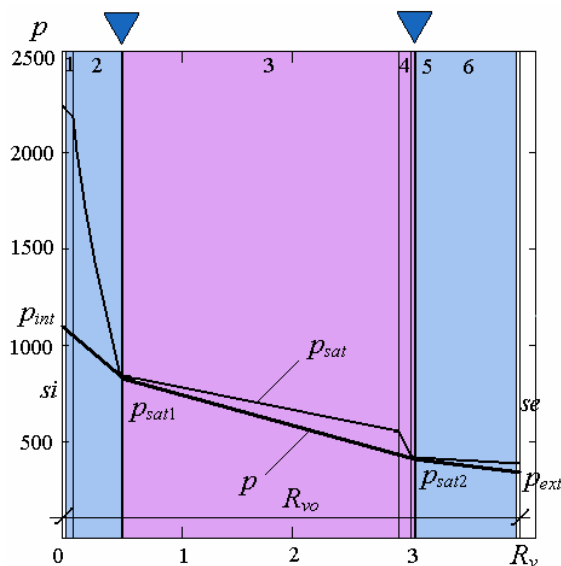


Рис. 4. Определение плоскостей конденсации влаги в ограждающей конструкции методом К. Ф. Фокина:  $p$  — парциальное давление водяного пара, Па;  $p_{sat}$  — давление насыщенного водяного пара, Па;  $R_v$  — сопротивление паропрооницанию,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ ;  $si$  — внутренняя поверхность;  $se$  — наружная поверхность

В разработанных методах расчета выполнено уточнение исходных данных.

Параметры наружного климата (среднемесячные значения температуры и относительной влажности наружного воздуха) определяются согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».

Учитывается изменение параметров микроклимата помещений (температуры и относительной влажности внутреннего воздуха) в течение года в зависимости от температуры наружного воздуха [19].

Согласно результатам расчета сопротивление теплообмену у наружной поверхности ограждающей конструкции следует принимать равным  $0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , что соответствует российским нормам.

Граничные условия теплообмена у внутренней поверхности конструкции определяются в зависимости от направления теплового потока с учетом лучистой и конвективной составляющих теплообмена (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

*Сопротивление теплообмену у внутренней поверхности ограждающих конструкций*

| Направление теплового потока | Сопротивление теплообмену, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Вверх                        | 0,12                                                             |
| Горизонтально                | 0,14                                                             |
| Вниз                         | 0,16                                                             |

Анализ структуры теплообмена ограждающих конструкций с окружающей средой в холодный период года показывает, что большая часть теплоты у внутренней поверхности конструкции передается излучением (рис. 5). У наружной поверхности конструкции значительно возрастает доля конвективного теплообмена (рис. 6), что обусловлено воздействием ветра.

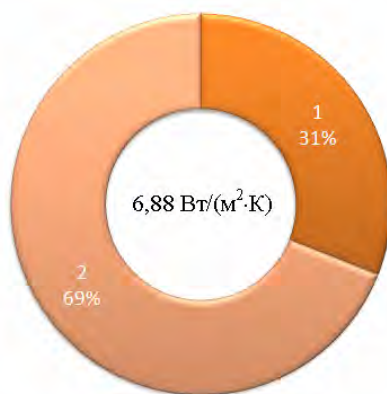


Рис. 5. Структура теплообмена у внутренней поверхности стены: 1 — конвекция; 2 — излучение

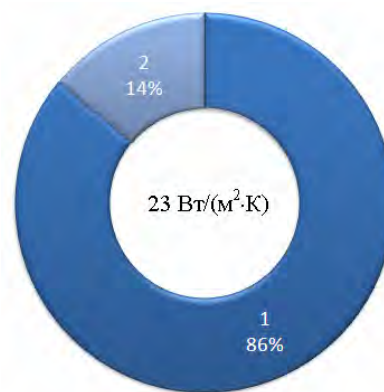


Рис. 6. Структура теплообмена у наружной поверхности стены: 1 — конвекция; 2 — излучение

Полученное расчетом значение коэффициента теплообмена у внутренней поверхности стен,  $\alpha_{si} = 6,88 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , хорошо согласуется с данными А. И. Ананьева [24], полученными исходя из условия ламинарного движения

воздуха,  $\alpha_{si} = 6,75 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и использованными в стандарте организации СТО 00044807-001—2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий».

В граничных условиях влагообмена учитываются сопротивления влагообмену у внутренней и наружной поверхностей конструкции. Согласно имеющимся в литературе справочным данным сопротивление влагообмену у наружной поверхности ограждающей конструкции принимается равным  $3,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ , у внутренней поверхности —  $11,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ .

Разработанные автором настоящей статьи методы расчета реализованы в стандартах организаций СТО 73090654.001—2015 (ООО «КНАУФ Инсулейшн») и СТО 03984362.574100.056—2015 (ООО «ЛСР—Стеновые—СЗ»). Стандарты организаций разработаны с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», повышения уровня гармонизации нормативных требований с европейскими и международными нормативными документами, применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки. Стандарты распространяются на проектирование ограждающих конструкций вновь строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданий с нормируемыми температурой и относительной влажностью воздуха в холодный период года.

Указанные методы реализованы в региональном методическом документе РМД 51-25—2015 «Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации фасадных систем для нового строительства, реконструкции и ремонта жилых и общественных зданий в Санкт-Петербурге». Нормативный документ разработан специалистами ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (руководитель разработки — д.т.н. Р. Б. Орлович, ответственный исполнитель — к.т.н. А. С. Горшков, исполнители — д.т.н. Н. И. Ватин, к.т.н. С. В. Корниенко, инженер С. С. Зимин). В рекомендациях приводятся требования к материалам и вспомогательным изделиям, применяемым при возведении многослойных стен с облицовочным каменным слоем и НФС, а также указания по конструированию и проверке предельных состояний, расчету анкерных связей, опорных кронштейнов, узлов сопряжения стен с перекрытиями и фундаментами. При разработке настоящего РМД учтен передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования, возведения и эксплуатации многослойных стен с облицовочным каменным слоем и НФС.

В отличие от метода оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций, принятого в российских нормах, разработанные и внедренные в СТО и РМД методы позволяют выполнить оценку влагонакопления в ограждающих конструкциях в годовом цикле. Предлагаемые методы инженерной оценки влажностного режима ограждающих конструкций наглядны и доступны широкому кругу проектировщиков.

**Благодарности.** Материалы статьи доложены на международной научной конференции «VII Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Осипова Г. Л. „Техническое регулирование в строительстве. Актуальные вопросы строительной физики“ (Москва, 5—8 июля 2016).

Данная статья публикуется в рамках работы по международному проекту Erasmus+ 561890-EPP-1-2015-1-IT\_EPPKA2-SBHE-JP (научный руководитель проекта — д.т.н., профессор Н. И. Ватин).

**Заключение.** По результатам проведенных исследований сформулированы следующие **выводы**:

1. В целях совершенствования российской нормативной базы и повышения качества проектирования разработаны предложения по корректировке раздела «Защита от переувлажнения ограждающих конструкций» СП 50.13330.2012, которые содержат принципиальные основы оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций по предельно допустимому состоянию увлажнения и гармонизированы с международным стандартом ISO 13788.

2. Указанные предложения и методы расчета реализованы в стандартах организаций СТО 73090654.001—2015 и СТО 03984362.574100.056—2015 «Оценка влажностного режима ограждающих конструкций в годовом цикле» и региональном методическом документе РМД 51-25—2015 «Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации фасадных систем для нового строительства, реконструкции и ремонта жилых и общественных зданий в Санкт-Петербурге».

3. В отличие от метода оценки влагозащитных свойств ограждающих конструкций, принятого в российских нормах, разработанные методы позволяют выполнить анализ динамики влагонакопления в конструкции в годовом цикле. По сравнению с международным стандартом ISO 13788 эти методы менее трудоемки при сопоставимой точности результатов расчета.

4. Разработанные нормативные документы могут быть использованы в качестве основы для разработки проекта предварительного национального стандарта в соответствии с положениями статьи 16.2 Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В. Н. Основы теории потенциала влажности материала применительно к наружным ограждениям оболочки зданий. М.: МГСУ, 2013. 112 с.
2. Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3(30). С. 7—37.
3. Bondi P., Stefanizzi P. Hygrothermal performance of hollow bricks and current standards // Energy and Buildings. 2001. Vol. 33. Iss. 7. Pp. 731—736. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00060-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00060-3)
4. Корниенко С. В., Ватин Н. И., Горшков А. С. Натурные теплофизические испытания жилых зданий из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4(64). С. 10—25. DOI: 10.5862/MCE.64.2
5. Копылова А. И., Ватин Н. И., Пестряков И. И. Экспериментальное сравнение характеристик паропроницаемости основных строительных материалов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 10(25). С. 98—108.
6. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле / С.В. Корниенко, Н.И. Ватин, М.Р. Петриченко, А.С. Горшков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 6(33). С. 19—33.
7. Ватин Н. И., Горшков А. С., Глумов А. В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1(19). С. 28—33.
8. Hygrothermal performance of exterior walls covered with aerogel-based insulating rendering / M. Ibrahim, E. Wurtz, P.H. Biwole, P. Achard, H. Sallee // Energy and Buildings. 2014. Vol. 84. Pp. 241—251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.039>

9. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport / E. Litavcova, A. Korjenic, S. Korjenic, M. Pavlus, I. Sarhadov, J. Seman, T. Bednar. *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 68. Pp. 558—561. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.018>
10. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China / X. Liu, Y. Chen, H. Ge, Fazio P., Chen G. // *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 93. Pp. 259—268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.016>
11. Петриченко М. Р., Петроченко М. В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 8(25). С. 51—56.
12. Корниенко С. В. Температурно-влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом // *Academia. Архитектура и строительство*. 2009. № 5. С. 389—394.
13. Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls / F. Stazi, F. Tittarelli, G. Politi, C. Di Perna, P. Munafò // *Energy and Buildings*. 2014. № 68. Part A. Pp. 292—304.
14. Effect of the night ventilation rate on the indoor environment and air-conditioning load while considering wall inner surface moisture transfer / Y. Wang, Y. Liu, D Wang., J. Liu // *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 80. Pp. 366—374.
15. Interior insulation for wall retrofitting — A probabilistic analysis of energy savings and hygrothermal risks / E. Vereecken, L. Van Gelder, H. Janssen, S. Roels // *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 89. Pp. 231—244.
16. Moon H. J., Ryu S. H., Kim J. T. The effect of moisture transportation on energy efficiency and IAQ in residential buildings // *Energy and Buildings*. 2014. Vol. 75. Pp. 439—446.
17. Корниенко С. В., Ватин Н. И., Горшков А. С. Оценка влажностного режима стен с фасадными теплоизоляционными композиционными системами // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2016. № 6(45). С. 34—54.
18. Корниенко С. В. О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги // *Строительство и реконструкция*. 2014. № 5 (55). С. 29—37.
19. Корниенко С. В. Уточнение расчетных параметров микроклимата помещений при оценке влагозащитных свойств ограждающих конструкций // *Вестник МГСУ*. 2016. № 11. С. 132—145. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.11.132-145
20. Корниенко С. В. Предложения по корректировке СП 50.13330.2012 в части защиты от переувлажнения ограждающих конструкций // *Жилищное строительство*. 2015. № 7. С. 31—34.
21. Инженерное оборудование зданий и сооружений: энциклопедия / гл. ред. С. В. Яковлев. М.: Стройиздат, 1994. 512 с.
22. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). М.: Высш. школа, 1982. 415 с.
23. Фокин К.Ф. Расчет влажностного режима наружных ограждений. М.:Л.: ЦНИПС, 1935. 23 с.
24. Ананьев А. И., Лобов О. И. К вопросу нормирования уровня теплозащиты наружных стен зданий // *Градостроительство*. 2013. № 5(27). С. 66—68.

© Корниенко С. В., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В. Совершенствование российских норм по влагозащите ограждающих конструкций // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 18—29.

Об авторе:

Корниенко Сергей Валерьевич — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**S. V. Kornienko**

## **IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN NORMS ON MOISTURE PROTECTION OF THE BUILDING ENVELOPE COMPONENTS**

Shortcomings of moisture protective assessment in building envelope components according to the Russian standard SP 50.13330.2012 are revealed in the article. The author provides offers on harmonization of the Russian regulations on moisture protection of building envelope components with the international regulating documents.

**Key words:** civil engineering, design, norms of design, building envelope component, moisture protection, moisture condensation, moisture accumulation.

### **REFERENCES**

1. Bogoslovskii V. N. *Osnovy teorii potentsiala vlazhnosti materiala primenitel'no k naruzhnym ograzhdeniyam obolochki zdaniy* [Principles of the theory of moisture capacity in materials as applied to external building envelopes]. Moscow, MSUCE Publ., 2013. 112 p.
2. Gorshkov A. S., Livchak V. I. [History, evolution and development of regulatory requirements for enclosing structures]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2015, 3(30), pp. 7—37.
3. Bondi P., Stefanizzi P. Hygrothermal performance of hollow bricks and current standards // *Energy and Buildings*, 2001, 33(7). Pp. 731—736. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00060-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00060-3)
4. Korniyenko S. V., Vatin N. I., Gorshkov A. S. Thermophysical field testing of residential buildings made of autoclaved aerated concrete blocks. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, no. 4, pp. 10—25. DOI: 10.5862/MCE.64.2
5. Kopylova A. I., Vatin N. I., Pestryakov I. I. [Experimental comparison of the characteristics of water vapor permeability of the main construction materials]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2014, no. 10(25), pp. 98—108.
6. Kornienko S. V., Vatin N. I., Petrichenko M. R., Gorshkov A. S. [Evaluation of hygrothermal performance of multilayered wall design in annual cycle]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzhenii* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2015, no. 6(33), pp. 19—33.
7. Vatin N. I., Gorshkov A. S., Glumov A. V. [Influence of physico-technical and geometrical characteristics of plastering covering on moisture conditions of AAC-blocks homogeneous walls]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 1(19), pp. 28—33.
8. Ibrahim M., Wurtz E., Biwole P.H., Achard P., Sallee H. Hygrothermal performance of exterior walls covered with aerogel-based insulating rendering. *Energy and Buildings*, 2014, 84, pp. 241—251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.039>
9. Litavcova E., Korjenic A., Korjenic S., Pavlus M., Sarhadov I., Seman J., Bednar T. Diffusion of moisture into building materials: A model for moisture transport. *Energy and Buildings*, 2014, 68, pp. 558—561. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.018>
10. Xiangwei Liu, Youming Chen, Hua Ge, Paul Fazio, Guojie Chen. Numerical investigation for thermal performance of exterior walls of residential buildings with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China. *Energy and Buildings*, 2015, 93, pp. 259—268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.016>
11. Petrichenko M. R., Petrochenko M. V. [Hydraulics of natural convection flows in building walling with air gap]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 8(25), pp. 51—56.
12. Kornienko S. V. [Temperature moisture conditions of external walls with ventilated façade]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2009, no. 5, pp. 389—394.
13. Stazi F., Tittarelli F., Politi G., Di Perna C., Munafò P. Assessment of the actual hygrothermal performance of glass mineral wool insulation applied 25 years ago in masonry cavity walls. *Energy and Buildings*, 2014, no. 68, part A, pp. 292—304.
14. Wang Y., Liu Y., Wang D., Liu J. Effect of the night ventilation rate on the indoor environment and air-conditioning load while considering wall inner surface moisture transfer. *Energy and Buildings*, 2014, 80, pp. 366—374.
15. Vereecken E., Van Gelder L., Janssen H., Roels S. Interior insulation for wall retrofitting — A probabilistic analysis of energy savings and hygrothermal risks. *Energy and Buildings*, 2015, 89, pp. 231—244.



16. Moon H. J., Ryu S. H., Kim J. T. The effect of moisture transportation on energy efficiency and IAQ in residential buildings. *Energy and Buildings*, 2014, 75, pp. 439—446.
17. Korniyenko S. V., Vatin N. I., Gorshkov A. S. [Assessment of moisture conditions of walls with facade's thermoinsulation composite systems with external mortar layers]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2016, 6(45), pp. 34—54.
18. Korniyenko S. V. [About applicability of SP 50.13330.2012 method to calculation of a moisture conditions of enclosing structures with multi-zone moisture condensation]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and Reconstruction], 2014, no. 5(55), pp. 29—37.
19. Kornienko S. V. [Specification of Indoor Climate Design Parameters at the Assessment of Moisture Protective Properties of Enclosing Structures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2016, no. 11, pp. 132—145. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.11.132-145
20. Korniyenko S. V. [Suggestions about Correction of SP 50.13330.2012 Concerning Protection of Enclosing Structures Against Overwetting]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2015, no. 7, pp. 31—34.
21. Yakovlev S. V. (ed.). *Inzhenernoe oborudovanie zdaniy i sooruzheniy: entsiklopediya* [Engineering equipment of buildings and structures: encyclopedia]. Moscow, Stroizdat Publ., 1994. 512 p.
22. Bogoslovskii V. N. *Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh)* [Construction thermal physics (thermal-physical principles of heating, ventilation and air conditioning)]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1982. 415 p.
23. Fokin K. F. *Raschet vlazhnostnogo rezhima naruzhnykh ograzhdeniy* [Calculation of moisture conditions of external enclosures]. Moscow, Leningrad, TsNIPS Pub., 1935. 23 p.
24. Anan'ev A. I., Lobov O. I. [Towards the issue of regulation of thermal protection level of external building walls]. *Gradostroitel'stvo* [Town planning], 2013, no. 5(27), pp. 66—68.

*For citation:*

Kornienko S. V. [Improvement of the Russian norms on moisture protection of the building envelope components]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 18—29.

*About author:*

**Kornienko Sergei Valer'evich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 699.841 (05)

**А. В. Масляев**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **СООТВЕТСТВИЕ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ РФ СТРОИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ КОНСТИТУЦИИ РФ**

Даже не специалистам известно верховенство Конституции РФ над другими федеральными законами РФ. Поэтому при разработке федеральных законов и нормативных документов РФ, особенно для опасной строительной области, следует неукоснительно выполнять требования Конституции РФ. Тем более мировая статистика катастрофических последствий при воздействиях опасных природных явлений свидетельствует, что в большей части случаев основной причиной гибели людей было отсутствие в нормативных документах разных стран положений по защите их жизни и здоровья в зданиях и сооружениях. В статье перечисляются федеральные законы и основные нормативные документы РФ, в которых не выполнены требования Конституции РФ по защите жизни и здоровья людей в зданиях при землетрясении. Поэтому Конституционному суду РФ предложено еще раз проверить федеральные законы и нормативные документы РФ строительного содержания на предмет их соответствия требованиям статей 2, 4, 72 Конституции РФ.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** землетрясение, сейсмическое воздействие, сейсмозащита, здание, жизнь людей.

Для обоснования рассматриваемой темы перечислим конкретные статьи Конституции РФ, в которых говорится об основной обязанности государства по защите жизни и здоровья населения при всех вероятных разных условиях их пребывания. В противном случае для людей просто теряется всякий смысл проживания в таком государстве. Например, в ст. 2 главы 1 Конституции РФ записано: «Человек, его права и свободы являются высшей ценностью», а в п. 1 ст. 41: «Каждый имеет право на охрану здоровья и медицинскую помощь». Более того, в п. 3 ст. 41 Конституции РФ записана даже ответственность только за угрозу для жизни и здоровья людей: «Соккрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом». Так как федеральные законы и нормативные документы РФ строительного содержания предназначены в основном для строительства зданий и сооружений на территориях регионов России, их содержания должны отвечать и требованию п.1. ст. 72 Конституции РФ **о совместном ведении** Российской Федерации и субъектов Российской Федерации при «(з) осуществление мер по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями, ликвидации их последствий». Кроме того, в п. 2. ст. 125 Конституции РФ записана ответственность Конституционного Суда РФ за соответствие положений федеральных законов и нормативных документов РФ требованиям Конституции РФ: «Конституционный Суд Российской Федерации по запросам... органов законодательной и исполнительной власти Российской Федерации разрешает дела о соответствии Конституции Российской Федерации: а) федеральных законов, нормативных актов Президента Российской Федерации, Совета Федерации, Государственной Думы, Правительства Российской Федерации...». В начале анализа можно даже признать, что все вы-

шеприведенные статьи Конституции РФ находятся в согласии с главной целью возведения зданий и сооружений, которая записана в п. 1 ст. 1 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»: «защиты жизни и здоровья граждан...». Более того, эта цель также указывается в Постановлении правительства о федеральной целевой программе от 23 апреля 2009 г. № 365 «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009—2018 годы»: «Защита населения от чрезвычайных ситуаций является одним из приоритетных направлений социально-экономического развития страны». Однако, как говорится, недостаточно написать правильную цель, прежде всего необходимо уметь ее реализовать соответствующим содержанием в основных положениях федеральных законов и нормативных документов РФ. Поэтому рассмотрим эти положения Федеральных законов № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» и основных нормативных документов РФ СП 42.13330.2014 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», Гост Р 31937—2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», «Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата)», шифр научной строительной специальности 05.2.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», анализ которых только и может дать истинную характеристику государственной парадигмы по защите жизни и здоровья людей в зданиях на территории России при воздействиях опасных природных явлений.

Известно, что защита жизни и здоровья людей в зданиях, например при землетрясении, зависит от квалифицированного решения в основном трех инженерных задач [1]: 1) способ размещения зданий и сооружений на местности; 2) определение уровня ответственности зданий и сооружений; 3) выбор из комплекта карт ОСР-2015 нормативного уровня сейсмического воздействия для расчетов зданий и сооружений. Поэтому рассмотрим положения федеральных законов и основных нормативных документов РФ строительного содержания, которые содержат правила для решения этих трех самых ответственных задач в процессе проектирования зданий и сооружений для сейсмоопасных районов России.

Прежде всего рассмотрим основной способ размещения большей части зданий и сооружений на территории России. Как показано в [1, 2], строители используют в основном два способа размещения зданий и сооружений на местности, которые предопределяют и два разных правила по определению уровня их ответственности. Известно, что большая часть населения России проживает в зданиях, размещенных на территориях населенных пунктов. Второй способ размещения предусматривает размещение здания или сооружения вне пределов населенных пунктов, в виде «отдельно стоящих объектов». При этом, также известно, что основная часть населенных пунктов в сейсмоопасных районах расположена в основном на окраинных территориях юга и Дальнего Востока России. Все эти населенные пункты по своей структуре капитального строительства и численности населения являются **строго**

**индивидуальными объектами** капитального строительства. Но даже эти особенности населенных пунктов требуют, чтобы защита населения в зданиях при землетрясении решалась по статье 72 Конституции РФ с **обязательным** участием лучших региональных специалистов.

Так как основное содержание по сейсмозащите населенного пункта при землетрясении заключается прежде всего в сохранении жизни людей, поэтому только группа региональных специалистов с учетом сложившейся этажности жилых и общественных зданий, в которых **по расчетам** при сейсмическом событии будет находиться основная часть населения, может квалифицированно определить перечень объектов с повышенной ответственностью. Ведь многим понятно, что людей в населенных пунктах при землетрясении с максимальной интенсивностью можно защитить при одном условии: при их размещении в зданиях с повышенной ответственностью. Однако дальнейший анализ положений федеральных законов и нормативных документов РФ выявил ряд технических характеристик, которые показывают, что в них предусмотрен слишком упрощенный второй способ размещения зданий и сооружений (за пределами населенных пунктов) [3].

К первой технической характеристике можно отнести пояснение в п. 4.3 СП 14.13330.2014 о том, что указанные в комплекте карт ОСР-2015 вероятности превышения (или непревышения) значений сейсмических интенсивностей рассчитаны для времени 50 лет, которое, согласно ГОСТ 27751-2014, равно времени жизненного цикла отдельного жилого здания с нормальной ответственностью. Ко второй технической характеристике можно отнести назначение федеральной исполнительной властью в ст. 48.1 Федерального закона № 190-ФЗ **слишком** зауженного единого перечня особо опасных, технически сложных и уникальных объектов сразу для всех населенных пунктов России, который п. 8 статьи 4 Федерального закона № 384-ФЗ предлагает их относить к зданиям и сооружениям с повышенным уровнем ответственности. Более того, в п. 2. ст. 48.1 Федерального закона № 190-ФЗ указываются сверхзавышенные физические характеристики для зданий и сооружений с повышенной ответственностью без учета числа людей, которые только и являются главным объектом защиты при воздействиях опасных природных явлений: «1) высота более чем 100 метров; 2) пролеты более чем 100 метров...». **Получается, что эти федеральные законы РФ «откровенно не видят людей» самым главным объектом, которого только и следует защищать в зданиях и сооружениях при воздействиях опасных природных явлений.** Правда, в табл. 3 документа СП 14.13330.2014 приводится несколько меньшая высота для зданий с повышенной ответственностью: «...жилые, общественные и административные здания высотой более 75 м;...». Сопоставляя эти физические характеристики для объектов с повышенной ответственностью с информацией о том, что основная часть городов в сейсмоопасных районах России застроена в основном жилыми и общественными зданиями высотой не более 4-5 этажей, понимаешь, что объекты с повышенной ответственностью в федеральных законах предназначены не для основной части существующих населенных пунктов. Отсюда вывод получается однозначный: в этих населенных пунктах России за редким исключением отсутствуют здания и сооружения с повышенной ответственностью. Более того, о

целесообразности возведения зданий высотой не более 5 этажей в сейсмоопасных районах подтверждают исследования [4], в которых показано, что при землетрясении сейсмические воздействия на людей увеличиваются на 1 балл уже со второго этажа зданий «гибкого» типа, что способствует увеличению числа людей с потерей их здоровья. Другими словами, увеличение этажности жилых и общественных зданий выше 5 этажей в сейсмоопасных районах влечет за собой рост и числа людей с потерей их здоровья при землетрясении, что противоречит требованию ст. 41 Конституции РФ о защите здоровья граждан России.

К третьей технической характеристике можно отнести решение в СП 14.13330.2014 о том, что выбор карты для расчета зданий и сооружений должен решать заказчик: «Карта А предназначена для проектирования объектов нормального и пониженного уровня ответственности. Решение о выборе карты В или С при проектировании объекта повышенного уровня ответственности принимает **заказчик** по представлению генпроектировщика». К первой технической характеристике парадигмы сейсмозащиты населенных пунктов следует отнести длительность их жизненных циклов в 1 тысячу лет, а для крупнейших городов в неограниченное время [2]. За это время на территории населенного пункта согласно данным комплекта карт ОСР-2015 значительно повышается вероятность землетрясения с максимальной интенсивностью. Это требует от строителей для сейсмозащиты населенного пункта выбрать карту с максимальной интенсивностью землетрясения.

Второй технической характеристикой парадигмы сейсмозащиты населенного пункта при землетрясении является определение перечня зданий и сооружений с повышенной ответственностью согласно требованиям ст. 72 Конституции РФ группой региональных специалистов.

К третьей технической характеристики парадигмы сейсмозащиты населенных пунктов следует отнести размещение в генпланах городов зданий и сооружений с повышенной ответственностью на территориях с лучшими грунтовыми, гидро-геологическими и тектоническими условиями строительства. Например, в п. 4.14 документа СП 42.13330.2011 записано только общее теоретическое требование, для реализации которого невозможно привлечь региональных специалистов: «...под зоны жилой застройки следует использовать земельные участки с меньшей сейсмичностью». Сопоставление технических характеристик федеральной парадигмы по сейсмозащите «отдельно стоящих» зданий и сооружений с парадигмой по сейсмозащите населенных пунктов при землетрясении показывает их значительную несовместимость. Поэтому на сегодняшний день в России сложилась противоречивая практика проектирования и возведения большей части зданий и сооружений: проектирование зданий и сооружений ведется по федеральным нормативным документам РФ как для «отдельно стоящих объектов», а их возведение ведется на территориях населенных пунктов, для которых они не предназначены, что способствует значительному возрастанию социальных рисков (человеческих жертв) при землетрясении из-за большой концентрации на ограниченной территории зданий и людей.

Для более углубленной оценки социальных рисков при землетрясениях на территориях существующих населенных пунктов в сейсмоопасных рай-

онах России обратимся к некоторым «скрытым» в комплекте сейсмических карт ОСР-2015 характеристикам вероятных землетрясений. Как известно, в приложении А документа СП 14.13330.2014 размещен комплект карт ОСР-2015, который состоит из трех карт (А, В, С) с разными уровнями «...фоновой сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности». Здесь так же записано, что все эти характеристики вероятных землетрясений предназначены только для территорий населенных пунктов. Но, как анализировалось выше в статье, параметры степеней сейсмической опасности (вероятности превышения или непревышения) фоновой сейсмической интенсивности в СП 14.13330.2014 рассчитаны только для времени 50 лет, что явно не равно времени жизненного цикла населенного пункта в 1 тысячу лет. Например, для карт В и С записано, что за время 50 лет вероятность превышения этих максимальных интенсивностей на территории любого населенного пункта не превысят пяти и одного процента соответственно. Этими небольшими процентами вероятностей превышения интенсивностей землетрясений по картам В и С строителям показывают, что их «как бы можно» и не учитывать при проектировании. И такое «толкование» сейсмической опасности в картах В и С просматривается и в содержаниях вышеуказанных законов, и нормативных документов РФ строительного содержания. Так, например, трудно найти в СП 14.13330.2014 применение даже для зданий с повышенной ответственностью самой максимальной интенсивности землетрясения по карте С. Но, как говорилось выше в статье, расчетное время в 50 лет — это время жизненного цикла только для «отдельно стоящего» здания. А в комплекте карт ОСР-2015 записано, что он предназначен для характеристики сейсмической опасности населенного пункта. Поэтому авторам этого документа следует и вероятности превышения интенсивностей фоновых сейсмических воздействий для населенных пунктов пересчитать за время 1 тысячу лет.

Такой перерасчет, например, для карты С показал, что 20 % землетрясений за время 1 тысячу лет превысят уровень фоновой сейсмической опасности (вместо одного процента сейчас за время 50 лет). **Другими словами, при существующих упрощенных федеральных правилах сейсмозащиты зданий и сооружений вероятность разрушения населенных пунктов при максимальных землетрясениях за реальное время в 1 тысячу лет значительно увеличивается.** В комплекте карт ОСР-2015 предусмотрена следующая зависимость: землетрясения с большей интенсивностью на Земном шаре происходят реже по сравнению землетрясениями с меньшей интенсивностью. Это правильная зависимость, но на фоне слабой изученности сейсмических режимов на территориях многих сейсмоопасных регионов России в комплекте карт ОСР-2015 отсутствует важная для строителей информация о вероятности первого землетрясения с максимальной интенсивностью по карте С на территории любого населенного пункта России. Такая информация для строителей очень важна потому, что в карте С для большей части населенных пунктов России уровень нормативного сейсмического воздействия указан больше уровня нормативного сейсмического воздействия по карте А на 2 балла. Ведь это означает, что если заказчик для расчета объекта примет решение об использовании уровня сейсмического воздействия по карте А, а в

действительности произойдет землетрясение по карте С, то люди в этом здании погибнут из-за разрушения его конструкций. Но также эта ошибка заказчика в выборе карты А может быть причиной катастрофических последствий для людей в случае землетрясения по карте С **на территории крупного населенного пункта**. То есть социальные риски (человеческие жертвы) на территории населенного пункта при том же землетрясении, по сравнению с «отдельно стоящим» зданием, могут быть запредельными.

Известный ученый России по этому вопросу высказался коротко [5]: «Априори ясно, чем выше плотность населения, тем выше сейсмический риск». Именно такие запредельные социальные риски на территориях разных стран уже были и раньше. Вот только малая их часть: 1) при землетрясении в Японии 1 сентября 1923 г. на территориях городов Токио и Иокагама погибло примерно 140 тысяч человек; 2) при 9, 10-балльном землетрясении 6 октября 1948 г. на территории г. Ашхабада (Таджикистан) погибло 80 % его жителей; 3) в Китае 28 июля 1976 г. на территории г. Тяньшань произошло землетрясение с магнитудой 6,8, в результате которого погибло примерно 500 тысяч человек; 4) при Спитакском (1988 г.) землетрясении: «Спитак и десятки близлежащих населенных пунктов оказались полостью разрушены»; 5) при землетрясении на территории рабочего поселка Нефтегорск в мае 1995 г. на Сахалине под развалинами жилых зданий погибла основная часть населения (примерно 2000 человек).

Для сравнения, в некоторых странах Европы нормативный предельно допустимый санитарный риск равен  $R \leq 10^{-6}$  чел./год. Это означает, что такое общество, например, при землетрясении в городе с населением в 1 млн человек допускает гибель за год не более 100 людей. На территории России согласно стандарту ГОСТ Р 31937—2011 допустимым риском при землетрясении считается  $R \leq 5 \cdot 10^{-6}$  чел./год. Это означает, что общество России при землетрясении в городе с населением в 1 млн человек допускает за год гибель до 2,5 тысяч людей. Но это будут потери среди людей только при условии, когда интенсивность реального землетрясения равна расчетной интенсивности зданий и сооружений. А при интенсивности реального землетрясения больше расчетной интенсивности на 2 балла в населенном пункте может быть гибель до 80 % людей.

Известно, что значение сейсмического риска определяется как произведение двух составляющих: ежегодного риска землетрясения и уязвимости (степени повреждаемости) зданий при землетрясении. Уязвимость зданий особенно со сроком эксплуатации в 30—50 лет, которые составляют большую часть застройки многих населенных пунктов России, при землетрясении зависят в основном от двух условий: 1) соответствие уровня реального сейсмического воздействия при землетрясении уровню расчетного сейсмического воздействия зданий и сооружений; 2) наличие (отсутствия) степеней повреждения в зданиях до землетрясения. Но для расчета почти всех жилых и общественных зданий населенных пунктов, как говорилось выше в статье, в федеральных законах и нормативных документах РФ уже предопределен только минимальный расчетный нормативный уровень сейсмического воздействия по карте А. Правда, федеральные законы и нормативные документы РФ не запрещают заказчику в расчетах зданий использовать более высокие сейсмические воздействия из карт В или С. Но так как этот выбор заказчика потре-

бует от него добровольного вложения в здания больше финансов, он, как предприниматель, этого сделать просто не сможет. Но сама вероятность превышения любого нормативного уровня сейсмического воздействия на здания и сооружения интенсивностью реального землетрясения уже предусмотрена даже в комплекте карт ОСР-2015.

Другими словами, превышение минимальной интенсивности сейсмического воздействия по карте А более высокими интенсивностями землетрясений по картам В и С заложено «естественным способом» в сложных динамических закономерностях природы образования и механизма их проявления на Земном шаре. То есть превышение интенсивности реального землетрясения расчетных значений сейсмических воздействий на здания и сооружения находится в пределах нормального динамического процесса на Земном шаре. Но, к сожалению, в расчетных положениях документа СП 14.13330.2014 предусмотрены еще две «искусственные» причины, которые также могут способствовать превышению уровнями реальных сейсмических воздействий расчетных сейсмических воздействий на здания и сооружения.

Так, например, к первой причине можно отнести отсутствие в расчетных положениях СП 14.13330.2014 учета вероятности воздействия первых повторных сильных толчков при землетрясении на здания и сооружения. И это несмотря на то, что в п. 6 статьи 16 Федерального закона № 383-ФЗ указано, что в расчетах сейсмостойких зданий должна быть учтена «... аварийная ситуация...», которая должна учитывать любое маловероятное силовое воздействие, которое может значительно увеличить предельно допустимую степень повреждения зданий. Например, на территории г. Ленинакан (Армения) по причине воздействия первого повторного толчка при Спитакском (1988 г.) землетрясении из 58 каркасных жилых зданий 56 зданий разрушились с гибелью нескольких тысяч людей. Однако расчетные положения СП 14.13330.2014 учитывают только воздействие главного подземного толчка, чтобы в зданиях при землетрясении образовалась предельно допустимая 3-я степень повреждения по шкале MSK-64. При этом сейсмологам известно, что в последние годы почти все сильные землетрясения на Земном шаре происходят с повторными сильными толчками. Подтверждением этому может служить самое последнее сильное землетрясение с повторными толчками 24 августа 2016 г. на территории Италии с разрушениями зданий и гибелью людей. Более того, согласно исследованию [7, 8] от воздействия первого повторного сильного толчка при землетрясении в здании создается дополнительная усредненная степень повреждения, равная 1, которая при суммировании с 3-й степенью от воздействия главного толчка совместно образуют общую 4-ю степень повреждения по шкале MSK-64, но уже с обрушением отдельных частей здания и гибелью людей.

Согласно исследованию [9], по возможности первого повторного толчка при землетрясении образовать в здании дополнительную усредненную степень повреждения его воздействие можно приравнять с величиной увеличения интенсивности главного толчка на 1 балл. Как известно, здания и сооружения должны рассчитываться на расчетную сейсмичность площадки строительства, которую следует устанавливать только по результатам сейсмического микрорайонирования (СМР). Однако в настоящее время на



территориях многих населенных пунктов России из-за высокой ее стоимости такая работа почти не проводится. Именно поэтому в п. 4.4 СП 14.13330.2014 записано значительное упрощение для определения сейсмичности строительных площадок для зданий и сооружений с нормальной ответственностью: «... при отсутствии данных СМР допускается предварительно определять по таблице 1». Но ведь специалистам уже давно известно, что по табл. 1 можно только занижать значение сейсмичности строительной площадки. Это последнее положение документа СП 14.13330.2014 можно считать второй причиной вероятности превышения уровня реального сейсмического воздействия расчетных сейсмических воздействий у многих зданий и сооружений с нормальной ответственностью.

О значительных превышениях реальных сейсмических воздействий при землетрясениях расчетных сейсмических воздействий на здания и сооружения, которые происходили на территориях разных стран, свидетельствует и мировая статистика о катастрофических землетрясениях на Земном шаре. Например, у археологов имеется немало примеров затопления древних людских поселений океанами по причине таких землетрясений. Главная причина здесь в том, что человечество живет на опасной «живой» планете Земля, которой просто иногда «для своей жизни» необходимы именно катастрофические землетрясения, которые только и могут за счет своих сверхзначительных мгновенных деформаций в определенном объеме земной коры восстанавливать в ней нарушенное физическое равновесие. Поэтому такие катастрофические землетрясения можно даже считать одним из редких, но надежных способов Земли продлить свое существование «в жестоком» космическом пространстве. Конечно, катастрофические землетрясения (их нельзя путать с землетрясениями по карте С) на Земном шаре происходят очень редко. Но сегодня, как говорилось выше в статье, человечество стало проживать в огромном количестве населенных пунктов, что значительно повысило вероятность проявления сильных землетрясений именно на их территориях. В последние годы в разных странах мира почему-то именно на территориях населенных пунктов стали чаще происходить затопления, горения, землетрясения с гибелью большого числа людей. Поэтому можно даже говорить, что сегодня основными объектами воздействия на Земном шаре со стороны опасных природных явлений стали не отдельные здания и сооружения, как это было несколько столетий тому назад, а сами населенные пункты. Но, как говорилось в [2], в федеральных законах и нормативных документах РФ отсутствует даже признание населенного пункта объектом капитального строительства, без которого невозможно ставить вопрос о его защите. В свою очередь, сама эксплуатация населенного пункта имеет свои технические особенности, которые не учитываются в СП 14.13330.2014, но которые могут в значительной степени повлиять на его сейсмозащиту при землетрясении.

Так, например, при длительной эксплуатации населенного пункта в сейсмоопасных районах во многих зданиях могут образовываться повреждения по разным причинам. Опасность повреждений по разным причинам заключается в том, что они могут в здании суммироваться. Например, если в здании до сейсмического события уже имелась 2-я степень повреждения по шкале MSK-64, то в момент землетрясения расчетной интенсивности к суще-

ствующей степени повреждения может прибавиться расчетная дополнительная 3-я степень повреждения с образованием общей 5-й степени повреждения. Но при суммарной (общей) 5-й степени повреждения по шкале MSK-64 произойдет полное разрушение здания с гибелью людей. Именно поэтому в документе СП 14.13330.2014 не допускается наличие каких-либо повреждений в зданиях до землетрясения. Но ведь маловероятно, что в зданиях со сроком эксплуатации в 30—50 лет на территориях населенных пунктов отсутствуют повреждения. Поэтому в [10] предлагается первую степень повреждения по шкале MSK-64 в здании считать предельно допустимой до землетрясения. Значение предельно допустимой степени повреждения в здании до землетрясения необходимо прежде всего эксплуатационной службе таких объектов. Тем более, ни для кого сегодня не является секретом, что в жилых зданиях на территориях населенных пунктов России эксплуатационные управляющие организации почти не делают текущий ремонт основных конструкций. Это однозначно ослабляет проектную степень сейсмозащиты зданий и сооружений при землетрясении.

При выборе сейсмической опасности для сейсмозащиты населенных пунктов следует также прислушаться к рекомендации опытного японского ученого-сейсмолога Косюн Ямаока, который на 33-й Генеральной ассамблее Европейской сейсмологической комиссии, открывшейся в Москве в августе 2012 г., сказал, что «... при оценке сейсмической опасности следует учитывать не только события, которые повторяются и происходят часто, но и те, которые в принципе возможны с точки зрения современной науки, даже если они происходят **редко**». Поэтому для сейсмозащиты населенного пункта с учетом длительности его жизненного цикла в 1 тысячу лет следует использовать максимальную сейсмическую опасность по карте С. Так как сейсмозащита населенного пункта зависит от сейсмозащиты зданий и сооружений с повышенной ответственностью, для их расчета на сейсмические воздействия также следует использовать сейсмическую опасность по карте С.

В [11] обосновано, что в федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата) отсутствует указание об обучении студентов защите жизни и здоровья людей в зданиях при воздействиях опасных природных явлений. Даже в шифре научной специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», по которой происходит защита докторских диссертаций в России, в области исследований отсутствует указание по защите жизни и здоровья людей при воздействиях опасных природных явлений. Откровенное признание федеральной властью не защищать жизнь и здоровье людей в зданиях даже на минимальном уровне при воздействиях опасных природных явлений читается в приложении Ф ГОСТ 31937—2011: «... для снижения уровня риска требуется система мер, полнота и сроки которой устанавливаются **с учетом экономических и социальных аспектов**». Решение защиты жизни людей в зданиях в нормативных документах РФ не должно быть зависимо от указанных аспектов. В нормативных документах развитых стран мира\*

\* Eurocode-8. Design provisions for earthquake resistance of structures.

также отсутствует сейсмозащита населенных пунктов при воздействиях опасных природных явлений [12, 13].

*Выводы:*

1. Так как основная часть населения в России размещена в городских и сельских поселениях, основными объектами защиты при воздействиях опасных природных явлений должны быть населенные пункты.

2. Парадигма сейсмозащиты населенных пунктов России при землетрясении должна основываться на следующих технических характеристиках:

жизненный цикл населенного пункта определен в 1 тысячу лет, а для крупнейших городов в неограниченное время;

в соответствии с требованием ст. 72 Конституции РФ перечень зданий и сооружений следует определять региональной группе специалистов;

основу генплана населенного пункта должно образовывать размещение зданий и сооружений с повышенной ответственностью на лучших грунтовых, гидрогеологических и тектонических условиях строительства;

в расчетах зданий с большим числом людей следует использовать сейсмическую интенсивность по карте В с учетом воздействия повторных толчков.

3. Основными техническими характеристиками парадигмы федеральных законов № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» и нормативных документов РФ СП 42.13330.2014 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах», ГОСТ Р 31937—2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», которые показывают о сейсмозащите только «отдельно стоящих» зданий и сооружений при землетрясении, являются:

согласно п. 4.3 СП 14.13330.2014 вероятность превышения (непревышения) указанных в картах фоновой сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 рассчитана для времени 50 лет, что согласно ГОСТ 27751—2014 равно времени жизненного цикла отдельного жилого здания с нормальной ответственностью;

в федеральных законах № 190-ФЗ, № 384-ФЗ определен единый зауженный перечень зданий и сооружений с повышенной ответственностью без учета структуры капитального строительства населенных пунктов и численности населения. Более того, в федеральном законе № 190-ФЗ для определения зданий и сооружений с повышенной ответственностью используется только критерий линейных размеров зданий и сооружений, но отсутствует критерий по числу людей в здании, которые согласно ст. 2 Конституции РФ являются наиболее ценным объектом для защиты при воздействиях опасных природных явлений;

решение о выборе карты В или С для использования в расчетах зданий и сооружений с повышенной ответственностью согласно ОСП-2015 должен делать заказчик по представлению генпроектировщика, что противоречит ст. 72 Конституции РФ.

4. На сегодняшний день в строительной области России сложилась опасная ситуация: проектирование всех зданий и сооружений ведется по упрощенной парадигме федеральных законов и нормативных документов РФ без защиты населенных пунктов при максимальных воздействиях опасных при-

родных явлений. Но при этом здания и сооружения возводятся на территориях сельских и городских поселений, для которых они не предназначены, создавая тем самым условия для катастрофических последствий для населения. **Расчеты показывают, что при федеральных упрощенных правилах сейсмозащиты зданий и сооружений вероятность разрушения населенных пунктов при максимальных землетрясениях за реальное время в 1 тысячу лет значительно увеличивается.**

5. Так как в федеральных законах № 190-ФЗ, № 384-ФЗ и нормативных документах РФ СП 42.13330. 2011, СП 14.13330.2014, ГОСТ 31937—2011, федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» (уровень бакалавриата и магистратуры), научном шифре специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» нарушаются статьи 2, 4, 72 Конституции РФ, их следует признать нелегитимными.

6. Конституционному Суду РФ следует проверить все документы РФ строительного содержания на предмет соответствия их требованиям ст. 2, 4, 72 Конституции РФ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Масляев А. В.* Анализ положений федеральных законов и нормативных документов РФ по применению карт сейсмической опасности (ОСР-2015) в строительстве // *Жилищное строительство*. 2016. № 8. С. 3—8.
2. *Масляев А. В.* Защита населенных пунктов России от воздействия опасных природных явлений /А.В. Масляев // *Жилищное строительство*. 2014. № 4. С. 40—43.
3. *Масляев А. В.* Анализ парадигмы СП 14. 13330.2014 по обеспечению сейсмозащиты зданий повышенной ответственности при землетрясении // *Жилищное строительство*. 2015. № 8. С. 51—55.
4. *Масляев А. В.* Сохранение здоровья людей, находящихся в зданиях при землетрясениях // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2014. № 2. С. 38—42.
5. *Кофф Г. Л., Рюмина Е. В.* Сейсмический риск (виды, оценка, управление). М., 2003. 108 с.
6. *Уломов В. И.* Землетрясение в Армении: стихия и ответственность // *Архитектура и строительство Узбекистана*. 1989. № 12. С. 1—4.
7. *Масляев А. В.* Сейсмостойкость зданий с учетом повторных сильных толчков при землетрясении // *Жилищное строительство*. 2007. № 10. С. 20—21.
8. *Масляев А. В.* Сейсмостойкость зданий с учетом повторных сильных толчков при землетрясении // *Промышленное и гражданское строительство*. 2008. № 3. С. 45—47.
9. *Масляев А. В.* Расчет зданий и сооружений для сохранения жизни и здоровья людей при землетрясении // *Жилищное строительство*. 2009. № 8. С. 33—35.
10. *Масляев А. В.* Предельно допустимая степень повреждения в зданиях и сооружениях повышенной ответственности в процессе эксплуатации до землетрясения // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 29 (48). С. 80—85.
11. *Масляев А. В.* Анализ федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению подготовки «Строительство» // *Жилищное строительство*. 2015. № 12. С. 21—25.
12. *Okatoto S.* Introduction to earthquake engineering. University of Tokyo Press, 1973.
13. *Ghoch S. K.* Trends in the Seismic Design Provisions of the U. S. Building Codes // *PCJ Journal*. 2001. Vol. 46. Iss. 5. Pp. 98—102.

© *Масляев А. В.*, 2017

*Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.*

**Ссылка для цитирования:**

Масляев А. В. Соответствие федеральных законов и нормативных документов РФ строительного содержания требованиям Конституции РФ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 30—42.

**Об авторе:**

**Масляев Александр Викторович** — канд. техн. наук, доц., научно-исследовательская сейсмологическая лаборатория ВолгГТУ, эксперт ГУ РИНКЦЭ по сейсмологии и сейсмостойкому строительству, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru

**A. V. Maslyaev**

**CONFORMITY OF FEDERAL LAWS AND REGULATORY DOCUMENTS OF THE RUSSIAN FEDERATION OF THE BUILDING MAINTENANCE TO REQUIREMENTS OF THE CONSTITUTION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Even not experts know the leadership of the Constitution of the Russian Federation over other federal laws of the Russian Federation. Therefore when working out federal laws and regulatory documents of the Russian Federation, especially for dangerous building area, it is necessary to fulfill strictly the requirements of the Constitution of the Russian Federation. More over world statistics of catastrophic consequences at influences of dangerous natural phenomena testifies that in most cases loss of life is caused by lack of regulations for life and health protection in buildings and structures in regulatory documents of different countries. Federal laws and main regulatory documents of the Russian Federation which do not meet the requirements of the Constitution of the Russian Federation on people's life and health protection in buildings during earthquake are listed in the article. Therefore the Constitutional Court of the Russian Federation is offered to check once again federal laws and regulatory documents of the Russian Federation of the building maintenance for their conformity to the requirements of articles 2, 4, 72 of the Constitutions of the Russian Federation.

**Key words:** earthquake, seismic impact, earthquake protection, building, people's lives.

**REFERENCES**

1. Maslyaev A. V. [The analysis of provisions of federal laws and regulatory documents of the Russian Federation on application of seismic hazard maps (OSR-2015) in construction]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2016, no. 8, pp. 3—8.
2. Maslyaev A. V. [Protection of Russian settlements against effect of dangerous natural phenomena]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2014, no. 4, pp. 40—43.
3. Maslyaev A. V. [The analysis of SP 14. 13330.2014 paradigm on ensuring earthquake protection of buildings with enhanced responsibility in case of an earthquake]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2015, no. 8, pp. 51—55.
4. Maslyayev A. V. [Preservation of the People's Health in Buildings at Earthquake]. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and Technogenic Risks. Safety of Structures], 2014, no. 2, pp. 38—42.
5. Koff G. L., Ryumina E. V. *Seismicheskii risk (vidy, otsenka, upravlenie)* [Seismic risk (types, assessment, management)]. Moscow, 2003. 108 p.
6. Ulomov V. I. [Earthquake in Armenia: Elements and Responsibility]. *Arkhitectura i stroitel'stvo Uzbekistana* [Architecture and Construction in Uzbekistan], 1989, no. 12, pp. 1—4.
7. Maslyaev A. V. [Seismic resistance of buildings taking into account frequent rough pushes at an earthquake]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2007, no. 10, pp. 20—21.
8. Maslyaev A. V. [Seismic resistance of buildings taking into account frequent rough pushes at an earthquake]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2008, no. 3, pp. 45—47.
9. Maslyaev A. V. Design of buildings and structures for people's life and health protection in case of an earthquake. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2009, no. 8, pp. 33—35.
10. Maslyaev A. V. [Extrexe allowed damage degree of buildings and constructions of enhanced responsibility in operation till earthquake]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo*

*arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 29 (48), pp. 80—85.

11. Maslyayev A. V. [The analysis of federal state educational standards of higher education in “Construction” speciality]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2015, no. 12, pp. 21—25.

12. Okatoto S. *Introduction to earthquake engineering*. University of Tokyo Press, 1973.

13. Ghoch S. K. Trends in the Seismic Design Provisions of the U. S. Building Codes. *PCJ Journal*, 2001, 46(5), pp. 98—102.

*For citation:*

Maslyayev A. V. [Conformity of federal laws and regulatory documents of the Russian Federation of the building maintenance to requirements of the Constitution of the Russian Federation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 30—42.

*About author:*

**Maslyayev Aleksandr Viktorovitch** — Candidate of Engineering Science, Docent, Scientific-and-research Seismological Laboratory, Expert of GA RRSCCE on Seismology and Antiseismic Construction, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, maslaev@mail.ru, victor3705@mail.ru

УДК 699.844

**Э. В. Ретлинг, Е. В. Гурова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **О НОРМИРОВАНИИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ВНУТРЕННИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ**

Изложена методика сравнения норм изоляции внутренними ограждающими конструкциями зданий воздушного и ударного шумов по СНиП II-12-77, СП 23-103-2003 и СП 51.13330.2011. Приводятся результаты сравнения норм звукоизоляции по предлагаемой методике.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** звукоизоляция, частота, шум, нормы.

Задача снижения материалоемкости конструкций при одновременном обеспечении эксплуатационных характеристик, предъявляемых к определенному классу конструкций, является одной из важнейших в рамках развития строительной отрасли. Ее решение требует не только максимально точного учета особенностей работы материала с точки зрения заявленных эксплуатационных показателей, но и совершенствования методов расчета, позволяющих оптимизировать подходы к назначению геометрических характеристик элементов в составе конструкций различного назначения.

Вопросам теории звукоизоляции ограждающих конструкций посвящен ряд работ [1, 2], в которых не только рассмотрены задачи, связанные с определением отдельных показателей звукоизоляции, но и систематизированы сведения, позволяющие в определенной мере провести оценку изоляции внутренними ограждающими конструкциями зданий воздушного и ударного шумов.

В связи с введением СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [3] представляет практический интерес сравнение нормативных величин изоляции воздушного и ударного шумов, определенных по действующим нормативным документам, с прежними нормативами, содержащимися в СНиП II-12-77 [4]. В действующих нормативных документах претерпела изменения методика расчета индексов звукоизоляции ограждающих конструкций. Кроме того, изменены предельные значения нормативных показателей, характеризующие звукоизоляционные параметры ограждающих конструкций. Это относится, прежде всего, к изоляции воздушного шума. Оценочная частотная характеристика, определенная в соответствии с методикой расчета, принятой в действующих нормативных документах, не соответствует аналогичной характеристике, вычисленной в соответствии с требованиями [1]. При установлении норм допустимого шума на территориях и в помещениях зданий различного назначения все здания по уровню комфорта разделены на категории: А, Б и В [3, 4, 5]. Жилые здания квартирного типа, относящиеся к массовому строительству и представляющие собой группу зданий, наиболее значимую для исследования с точки зрения комфортности пребывания, входят в категорию Б. Нормируемыми параметрами звукоизоляции являются индексы изоляции воздушного шума  $R_w$  (за изоляцию воздушного шума принята способность ограждающей конст-

рукции уменьшать проходящий через нее звук. За величину индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  принята ордината смещенного вверх или вниз нормативного спектра в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц. [3]) и индекс приведенного уровня ударного шума  $L_{pw}$  (величина индекса приведенного шума  $L_{pw}$  принимается как ордината смещенного вверх или вниз нормативного спектра в третьоктавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц [3]). В обобщенном виде значения математического выражения указанных параметров, учтенные действующими нормативными документами, соответствуют рекомендациям Международной организации по стандартизации ISO [4, 5], приведены в табл. 1. и 2.

Т а б л и ц а 1

*Нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией по [6, 7]*

| Изоляция воздушного шума, Дб | Приведенный уровень ударного шума, Дб | Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 33                           | 62                                    | 100                                                  |
| 36                           | 62                                    | 125                                                  |
| 39                           | 62                                    | 160                                                  |
| 42                           | 62                                    | 200                                                  |
| 45                           | 62                                    | 250                                                  |
| 48                           | 62                                    | 315                                                  |
| 51                           | 61                                    | 400                                                  |
| 52                           | 60                                    | 500                                                  |
| 53                           | 59                                    | 630                                                  |
| 54                           | 58                                    | 800                                                  |
| 55                           | 7                                     | 1000                                                 |
| 56                           | 54                                    | 1250                                                 |
| 56                           | 51                                    | 1600                                                 |
| 56                           | 48                                    | 2000                                                 |
| 56                           | 45                                    | 2500                                                 |
| 56                           | 42                                    | 3150                                                 |

Т а б л и ц а 2

*Нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией по СНиП II-12-77 [2]*

| Изоляция воздушного шума, Дб | Приведенный уровень ударного шума, Дб | Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 27                           | 70                                    | 100                                                  |
| 32                           | 70                                    | 125                                                  |
| 37                           | 70                                    | 160                                                  |
| 42                           | 70                                    | 200                                                  |
| 45                           | 70                                    | 250                                                  |
| 48                           | 70                                    | 315                                                  |
| 51                           | 69                                    | 400                                                  |
| 53                           | 68                                    | 500                                                  |
| 55                           | 67                                    | 630                                                  |



О к о н ч а н и е   т а б л . 2

| Изоляция воздушного шума, Дб | Приведенный уровень ударного шума, Дб | Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, Гц |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 56                           | 66                                    | 800                                                  |
| 56                           | 65                                    | 1000                                                 |
| 56                           | 62                                    | 1250                                                 |
| 56                           | 59                                    | 1600                                                 |
| 56                           | 56                                    | 2000                                                 |
| 55                           | 53                                    | 2500                                                 |
| 54                           | 50                                    | 3200                                                 |
| 52                           | —                                     | 4000                                                 |
| 50                           | —                                     | 5000                                                 |

Для определения численных значений индексов изоляции воздушного и ударного шумов, соответствующих значениям, определяемым по методике, изложенной в действующих нормативных документах, авторами предлагается использовать математические зависимости (1) и (2):

$$R_w = 23,2 \lg m - 5,1, \quad (1)$$

$$L_{nw} = 129,3 - 19 \lg m. \quad (2)$$

При решении инженерных задач, связанных с обеспечением эксплуатационных показателей ограждающих конструкций относительно параметров звукоизоляции, представляет практический интерес определение индексов изоляционных характеристик звукоизоляции ограждающих конструкций (вышеуказанных индекс изоляции воздушного шума и индекс приведенного уровня ударного шума) через показатели изоляционных характеристик звукоизоляции ограждающих конструкций по ранее действующим нормативам [4,5]. В действующих нормативных документах [3] используются следующие математические зависимости:

$$R_w = I_B + 2,$$

$$L_{nw} = I_y - 7.$$

Применяя к расчету предлагаемые выше зависимости (1) и (2), а также разрешающие соотношения и расчетные формулы, приведенные в работе [8], разрешающие соотношения можно записать в виде:

$$R_w = I_B + 6 - 1,5 \lg m, \quad (3)$$

$$L_{nw} = I_y - 2 + 3 \lg m. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) могут быть применены для определения звукоизоляционных характеристик перекрытий (с учетом многослойной конструкции пола), а также для стен и перегородок с дополнительной звукоизоляцией. Применительно к отдельным категориям ограждающих конструкций теория звукоизоляции ограждающих конструкций реализована в ряде работ [9—15]. Используя методику подсчета параметров звукоизоляции, изложенную в [3] при расчете характеристик звукоизоляции многопустотной железобетонной

плиты перекрытия жилого здания со значением собственного веса, принятым  $300 \text{ кг/м}^2$ , численное значение индекса изоляции воздушного шума получим равным  $R_w = 53 \text{ дБ}$ . В свою очередь, для железобетонной плиты перекрытия жилого здания сплошного сечения численное значение индекса изоляции воздушного шума составляет  $R_w = 48 \text{ дБ}$ . Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что теоретически наличие пустот в плите перекрытия повышает индекс изоляции воздушного шума на 5 дБ. Экспериментально установлено, что в жилых зданиях этот индекс не превышает 50 дБ.

Согласно СНиП II-12—77 устройство подвесного потолка со стороны нижней поверхности плиты перекрытия при отсутствии конструкции пола на верхней поверхности плиты перекрытия уменьшает индекс изоляции ударного шума на 4 дБ при значении собственного веса плиты перекрытия в диапазоне  $200...300 \text{ кг/м}^2$ . В случае теоретического определения тех же характеристик звукоизоляции при аналогичных исходных данных с использованием методики, изложенной в СП 51.13330.2011, в результате численных расчетов получено снижение индекса на 1 дБ. Эта величина не соответствует результатам экспериментов, полученных при определении параметров звукоизоляции конструкций перекрытий в жилых зданиях.

Используя предложенные выше зависимости, позволяющие установить математическую взаимосвязь между показателями звукоизоляции ограждающих конструкций, реализованными в индексах звукоизоляции по СП 51.13330.2011, СНиП II-12—77 и СП 23-03—2003, можно провести сравнение их нормируемых величин. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

*Сравнение индексов звукоизоляции по нормам, дБ*

| Наименование ограждения                                                                 | $I_B$ | $R_w$  | $I_y$ | $L_{nw}$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------|----------|
| Перекрытия между жилыми квартирами                                                      | 52    | 52 (Б) | 60    | 58 (Б)   |
| Межквартирные стены                                                                     | 52    | 52 (Б) |       |          |
| Межкомнатные перегородки без дверей в жилой квартире                                    | 43    | 41     |       |          |
| Перегородка между комнатой и кухней в жилой квартире                                    | 43    | 41     |       |          |
| Перекрытие между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами               | 62    | 57 (Б) | 60    | 58 (Б)   |
| Перекрытие между номерами гостиниц                                                      | 50    | 50 (Б) | 63    | 60 (Б)   |
| Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами административных зданий | 47    | 50     | 68    | 66       |
| Перекрытие между палатами, кабинетами врачей больниц и санаториев                       | 47    | 47     | 63    | 60       |
| Перекрытие между операционными, операционными и кабинетами                              | 62    | 57     | 63    | 60       |
| Стены и перекрытия между аудиториями учебных заведений                                  | 47    | 47     | 63    | 63       |

Несмотря на введение новых нормативных документов, требования к показателям изоляции воздушного шума межквартирными ограждающими конструкциями не изменились, а внутриквартирными снизились. В свою очередь, при введении новых нормативных документов [3], требования к изоляции перекрытиями ударного шума возросли. Значительно увеличились требования к изоляции воздушного шума перекрытиями между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами.

Нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума в [4, 5] отличается от оценочной характеристики, принятой в действующих нормативных документах [3]. Численное значение частотной характеристики изоляции воздушного шума в [4, 5] находится в пределах от 100 до 5000 Гц, а в [3] нормативное значение той же характеристики находится в диапазоне от 100 до 3150 Гц. Кроме численного нормативного значения вышеуказанной характеристики, отличается и очертание кривой, описывающей функциональную зависимость определяемого параметра звукоизоляции, которая по форме похожа на кривую чувствительности органа слуха человека. Кроме того, в [4, 5] предельное значение отклонения частотной характеристики ограждающей конструкции от нормативного значения не должно превышать 8 дБ. Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что показатели изоляции ограждающими конструкциями воздушного шума, определяемые по методикам, изложенным в [4], не соответствуют индексам изоляционных характеристик звукоизоляции ограждающих конструкций, вычисленным с применением методики, изложенной в [5].

Оценочная частотная характеристика изоляции воздушного шума, использованная для определения параметров звукоизоляции ограждающих конструкций в [4, 5], является аналогом кривой, примененной для определения аналогичных характеристик звукоизоляции ограждающих конструкций в промышленных нормах ФРГ, которая была включена в стандарты ЕЭС, а впоследствии в рекомендации международной организации по стандартизации. Кривая представляет собой сглаженный результат измерений звукоизоляции оштукатуренной кирпичной стены толщиной 24 см. Эта частотная характеристика принята в качестве нормативной кривой, на взгляд авторов, произвольно, без надлежащего обоснования.

Нормативная частотная характеристика, использованная в [4], принята на основании работы В. И. Заборова [2]. В [2] использован вероятностный метод выбора нормативных величин звукоизоляции. Этот подход обеспечивает более высокий акустический комфорт в помещениях по сравнению с оценочной кривой, заложенной в [3, 5]. В [2] предлагается изменить частотную характеристику изоляции воздушного шума, соответствующую действующим нормативным документам, таким образом, чтобы существенно увеличить акустический комфорт в изолируемом помещении. Если увеличить численное нормативное значение частотной характеристики изоляции воздушного шума, реализованное в [4], на 6 дБ, то акустический комфорт в жилых помещениях будет обеспечен в 90 % случаев [2].

Таким образом, нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума, определенная в соответствии с методикой, изложенной в [4], имеет, по мнению авторов, следующие преимущества по сравнению с оценочной кривой изоляции воздушного шума, реализованной в [3, 5]:

1) частотная характеристика изоляции воздушного шума, определенная в соответствии с методикой, изложенной в [4], обоснована теоретическими данными и подтверждена результатами экспериментов с достаточной для решения инженерных задач степенью точности, что не в полной мере теоретически и экспериментально обосновано в действующих нормативных документах [3, 5];

2) частотная характеристика изоляции воздушного шума, определенная в соответствии с методикой, изложенной в [4], позволяет обеспечить более высокий акустический комфорт в изолируемом помещении;

3) частотная характеристика, вычисленная по [4], охватывает больший диапазон частот, что позволяет учитывать различные особенности «поведения» ограждающих конструкций в зависимости от напряженно-деформированного состояния, материала исполнения, геометрических характеристик и т. д.;

4) очертание кривой, характеризующей параметры звукоизоляции ограждающих конструкций и реализованной в [4], по форме соответствует кривой чувствительности органа слуха человека, что дает возможность сделать вывод о более высоком уровне акустического комфорта в помещениях, звукоизоляционные характеристики которых рассчитаны по [4];

5) значение возможного отклонения фактического значения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции от нормативного значения ограничено значением в 8 дБ;

6) если увеличить нормативное значение частотной характеристики, определенное в соответствии с методикой, изложенной в [4], на 6 дБ, то акустический комфорт в жилых помещениях будет обеспечен в 90 % случаев.

На основании вышеизложенного представляется целесообразным при актуализации и совершенствовании системы нормативной документации в области строительства в части рассмотрения вопросов, касающихся определения параметров частотных характеристик изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией, использовать функциональные зависимости и разрешающие соотношения, реализованные в [4]. Применение в системе национальных стандартов функциональной зависимости и, соответственно, очертания кривой, реализованных в [4] для определения параметров звукоизоляции ограждающих конструкций, позволят обеспечить более высокий уровень акустического комфорта в помещениях. Считаем также целесообразным рекомендовать использование вышеизложенного подхода к определению нормируемых параметров звукоизоляции к включению в нормативные документы международной организации по стандартизации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заборов В. И. О нормировании величины звукоизоляции в зданиях // Акустический журнал. 1970. Т. XVI. Вып. 1. С. 54—57.
2. Заборов В. И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. М.: Стройиздат, 1969. 187 с.
3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. М., 2010. 42 с.
4. СНиП II-12-77. Защита от шума. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1978.
5. СП 23-03-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. М.: Госстрой России, 2004.

6. ISO 717-1:1996. Acoustic-Rating of sound insulation in buildings elements. Part 1: Airborne sound insulation.
7. ISO 717-2:1996. Acoustic-Rating of sound insulation in buildings elements. Part 2: Impact sound insulation.
8. Ретлинг Э. В. Звукоизоляция внутренних ограждающих конструкций зданий. Деп. в ВНИИТИ 30.01.1998. № 243-В98. 334 с.
9. Ретлинг Э. В. Изоляция воздушного шума однослойной ограждающей конструкцией со сквозной пористостью // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2006. Вып. 1(1). Ст. 1. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=1>
10. Заборов В. И., Ретлинг Э. В. О звукоизоляции стен с гибкой плитой на отnose // Труды VI Всесоюзной акустической конференции. М., 1968.
11. Заборов В. И., Ретлинг Э. В. О звукоизоляции двойных перегородок в зданиях // Труды VI Всесоюзной акустической конференции. М., 1968.
12. Заборов В. И., Ретлинг Э. В. Оценка фактической звукоизоляции ограждений // Труды III национальной конференции по борьбе с шумом. София, 1973.
13. Пути повышения звукоизоляции помещений / В. И. Заборов, Э. М. Лалаев, В. Н. Никольский, Э. В. Ретлинг // Научные труды НИИСФ. М., 1971. Вып. 3.
14. Ретлинг Э. В. Определение звукоизоляции однослойных ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 1976. № 4.
15. Ретлинг Э. В. Звукоизоляция шлакопемзобетонных и пенобетонных плит // Научные труды ШИСФ. М., 1969. Вып. 2(X).

© Ретлинг Э. В., Гурова Е. В., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Ретлинг Э. В., Гурова Е. В. О нормировании звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 43—50.

Об авторах:

**Ретлинг Эрнст Владимирович** — д-р техн. наук, профессор кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, [rettling@yandex.ru](mailto:rettling@yandex.ru)

**Гурова Елена Владимировна** — канд техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, [eun.cafedra@yandex.ru](mailto:eun.cafedra@yandex.ru)

**E. V. Retling, E. V. Gurova**

## TOWARDS THE RATING OF ACOUSTIC INSULATION OF INTERNAL BUILDING ENVELOPES

The methodology of comparison of norms of airborne and impact sound insulation by internal building envelopes in accordance with Construction Regulations II-12-77, 23-103-2003 and Rules and Regulations 51.13330.2011 are stated in the article. The results of comparison of acoustic insulation norms by the offered methodology are provided.

**Key words:** acoustic insulation, frequency, noise, norms.

### REFERENCES

1. Zaborov V. I. [Towards the rating of the amount of acoustic insulation in buildings]. *Akusticheskiy zhurnal* [the Acoustic Journal]. 1970, v. XVI, iss. 1, pp. 54—57.
2. Zaborov V. I. *Teoriya zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruksii* [The theory of sound insulation of building envelopes]. Moscow, Stroizdat, 1969, 187 p.

3. Rules and Regulations 51.13330.2011. Noise protection. Revised edition Construction Regulations 23-03-2003. Moscow, 2010, 42 p.
4. Construction Regulations II-12-77. Noise protection. Design norms. Moscow, Stroiizdat, 1978.
5. Rules and Regulations 23-03-2003. Design of acoustic insulation of envelopes of residential and public buildings. Moscow, Gosstroi Rossii, 2004.
6. ISO 717-1:1996. Acoustic-Rating of sound insulation in buildings elements. Part 1: Airborne sound insulation.
7. ISO 717-2:1996. Acoustic-Rating of sound insulation in buildings elements. Part 2: Impact sound insulation.
8. Retling E. V. *Zvukoizolyatsiya vnutrennikh ograzhdayushchikh konstruksii zdanii* [Acoustic insulation of building envelopes]. Dep. in VINITI 30 January, 1998, no. 243-V98, 334 p.
9. Retling E. V. [Air noise insulation with help of one-layer external walling with through porosity]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2006, no. 1(1), paper 1. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=1>
10. Zaborov V. I., Retling E. V. Towards acoustic insulation of walls with supple slabs on closures // *Trudy VI Vsesoyuznoi akusticheskoi konferentsii* [Scientific works of the VI All-Union Acoustic Conference]. Moscow, 1968.
11. Zaborov V. I., Retling E. V. Towards acoustic insulation of double partitions in buildings. *Trudy VI Vsesoyuznoi akusticheskoi konferentsii* [Scientific works of the VI All-Union Acoustic Conference]. Moscow, 1968.
12. Zaborov V. I., Retling E. V. The assessment of the actual acoustic insulation of envelopes. *Trudy III natsional'noi konferentsii po bor'be s shumom* [Scientific works of the III International Conference on Noise Control], Sophia, 1973.
13. Zaborov V. I., Lalaev E. M., Nikol'skii V. N., Retling E. V. Ways of increase in acoustic insulation of accommodations. *Nauchnye trudy NIISF* [Scientific works of NIISF]. Moscow, 1971, iss. 3.
14. Retling E. V. Definition of acoustic insulation of single-layer envelopes. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Residential Construction], 1976, no. 4.
15. Retling E. V. Acoustic insulation of slag and pumice concrete and foam-concrete slabs. *Nauchnye trudy ShISF* [Scientific works of ShISF]. Moscow, 1969, iss. 2(X).

*For citation:*

Retling E. V., Gurova E. V. [Towards the rating of acoustic insulation of internal building envelopes]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 43—50.

*About authors:*

**Retling Ernst Vladimirovich** — Doctor of Engineering Science, Professor of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [retling@yandex.ru](mailto:retling@yandex.ru)

**Gurova Elena Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [eun.cafedra@yandex.ru](mailto:eun.cafedra@yandex.ru)

УДК 699.86

**О. Г. Чеснокова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ В ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСПОЛОЖЕНИЯ СЛОЯ УТЕПЛИТЕЛЯ**

Представлены результаты анализа влагонакопления в зависимости от расположения утеплителя в стене. Проведен графический анализ. Обобщен опыт реконструкции и эксплуатации зданий.

**Ключевые слова:** влагонакопление, теплофизические свойства материалов, архитектурно-конструктивное проектирование, коэффициент теплопроводности, расчет температурных полей.

В предлагаемой статье обобщен опыт реконструкции и эксплуатации малоэтажных индивидуальных жилых зданий из кирпича, при утеплении которых используется эффективный утеплитель.

В современной практике строительства и реконструкции индивидуальных малоэтажных жилых зданий присутствует порочная тенденция утепления стен изнутри. Зачастую такое решение по утеплению стены применяется в существующем здании или в здании с недавно отделанным фасадом. Несмотря на многочисленные исследования в этой области [1—15], такое решение встречается с завидным постоянством среди практикующих строителей.

В результате при дальнейшей эксплуатации здания возникает огромное количество проблем: сырые стены, плесень, некомфортный микроклимат в помещении. Как следствие, со временем начинается постепенное разрушение стены [1, 5, 8, 9].

В данной статье проанализированы четыре наиболее распространенных варианта утепления стены с одинаковыми материалами и их толщинами, но разным вариантом расположения утеплителя:

1) утеплитель располагается с внутренней стороны существующей кирпичной стены. В качестве утеплителя используются жесткие минераловатные плиты;

2) утеплитель располагается с внутренней стороны существующей кирпичной стены. В качестве утеплителя используется экструдированный пенополистирол;

3) утеплитель располагается с наружной стороны существующей кирпичной стены и оштукатуривается по сетке. В качестве утеплителя используется экструдированный пенополистирол;

4) утеплитель располагается с наружной стороны существующей кирпичной стены с устройством вентилируемого фасада. В качестве утеплителя используются жесткие минераловатные плиты.

При всех равных условиях (температура внутреннего воздуха 20 °С, температура наружного воздуха –25 °С, влажность внутри помещения 40 %, влажность снаружи 76 %) проанализированы степень накопления влаги, тер-

мическое сопротивление и теплопотери рядового сечения многослойной стены, а также зависимость накопления конденсата внутри стены от расположения и материала, используемого в качестве утеплителя.

Хорошо известно, что утеплитель на наружной поверхности стены отсекает проникновение в стену теплового потока с отрицательными температурами. Внутренний тепловой поток с положительными температурами при этом прогревает стену и отодвигает изотерму с нулевыми температурами и изотерму температуры точки росы к внешней границе стены. Однако среди практикующих строителей широко бытует мнение, что утеплитель, расположенный у внутренней поверхности стены, также эффективен. При этом совершенно не берется в расчет, что при таком размещении утеплителя стена не прогревается изнутри, поскольку тепловой поток из помещения блокируется утеплителем, зато доступ с улицы холодного теплового потока ничем не сдерживается. Стена промерзает насквозь. Более того, из-за установки утеплителя изотерма температуры точки росы чаще всего из тела стены смещается в толщу утеплителя, т. е. к внутренней поверхности (<http://ostroykevse.com/UteplenieSten/03.html>).

Рассмотрим первый вариант утепления минеральной ватой изнутри. Для графического метода расчета использован Интернет-ресурс (<http://теплорасчет.рф>).

Исходные расчетные показатели микроклимата для всех рассматриваемых вариантов утепления:

|                 | внутри | снаружи |
|-----------------|--------|---------|
| влажность, %    | 40     | 76      |
| температура, °C | 20     | –25     |

Выбраны наиболее характерные показатели микроклимата для эксплуатации жилого дома. Температура наружного воздуха выбрана как наиболее неблагоприятная для города Волгограда. Таким образом, можно считать, что в таких условиях находится среднестатистическое индивидуальное жилое здание в городе Волгограде в наиболее холодную пятидневку с обеспеченностью 0,98 (согласно СП 13113330—2012). Для облицовки утеплителя выбран лист гипсокартона, как наиболее распространенное решение.

Параметры используемых материалов для первого варианта утепления приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Внутри |                  |             |                                             |                                                |                                             |                                      |
|--------|------------------|-------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Слой   | Материал         | Толщина, см | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Коэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/°C | Коэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/°C |
| 1-й    | Гипсокартон      | 1,5         | 790                                         | 0,21                                           | 0,075                                       | 1000                                 |
| 2-й    | Минеральная вата | 10          | 20                                          | 0,04                                           | 0,49                                        | 830                                  |
| 3-й    | Кирпичная кладка | 38          | 1500                                        | 0,66                                           | 0,11                                        | 1000                                 |

Снаружи — улица



Данные расчета для первого варианта представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Материал         | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ | $T$ внутри, $^\circ\text{C}$ | $T$ снаружи, $^\circ\text{C}$ |
|------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Внутри помещения |             | 0,13                                                                        | 20                           | 18,24                         |
| Гипсокартон      | 1,5         | 0,07                                                                        | 18,24                        | 17,27                         |
| Минеральная вата | 10          | 2,5                                                                         | 17,27                        | -16,65                        |
| Кирпичная кладка | 38          | 0,58                                                                        | -16,65                       | -24,46                        |
| Улица            |             | 0,04                                                                        | -24,46                       | -25                           |
| Итого            | 49,5        | 3,32                                                                        |                              |                               |

На рис. 1 дана расчетная схема первого варианта утепления.



Рис. 1. Расчетная схема 1: верхний график — падение или увеличение температуры внутри ограждающей конструкции; нижний график — температура точки росы; серым цветом выделена зона возможной конденсации

Результаты расчета по первому варианту:

- 1) на графике (см. рис. 1) отчетливо видна зона конденсации;
- 2) вся стена увлажнена;
- 3) нулевая изотерма проходит примерно в 5 см от внутренней поверхности многослойной стены;
- 4) вся существующая кирпичная стена находится в зоне отрицательных температур;
- 5) то же можно сказать и про оконные и дверные коробки, которые также оказываются в зоне отрицательных температур.

Рассмотрим второй вариант утепления экструдированным пенополистиролом изнутри.

Параметры используемых материалов для второго варианта утепления приведены в табл. 3.

Таблица 3

| Слой | Материал                        | Толщина, см | Внутри                                      |                                               |                                            |                                      |
|------|---------------------------------|-------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
|      |                                 |             | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Кэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/°С | Кэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/°С |
| 1-й  | Гипсокартон                     | 1,5         | 790                                         | 0,21                                          | 0,075                                      | 1000                                 |
| 2-й  | Экструдированный пенополистирол | 10          | 35                                          | 0,04                                          | 0,013                                      | 1450                                 |
| 3-й  | Кирпичная кладка                | 38          | 1500                                        | 0,66                                          | 0,11                                       | 1000                                 |

Снаружи — улица

Данные расчета для второго варианта представлены в табл. 4.

Таблица 4

| Материал                        | Толщина, см | Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> °С / Вт | $T$ внутри, °С | $T$ снаружи, °С |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Внутри помещения                |             | 0,13                                              | 20             | 18,24           |
| Гипсокартон                     | 1,5         | 0,07                                              | 18,24          | 17,27           |
| Экструдированный пенополистирол | 10          | 2,5                                               | 17,27          | -16,65          |
| Кирпичная кладка                | 38          | 0,58                                              | -16,65         | -24,46          |
| Улица                           |             | 0,04                                              | -24,46         | -25             |
| Итого                           | 49,5        | 3,32                                              |                |                 |

На рис. 2. дана расчетная схема второго варианта утепления.

**Теплопотери = 0.3 Вт/м2/К**  
EnEV2009\*  $U < 0,24$  Вт/м2/К

**Конденсат = 5.3 гр/м2/час**

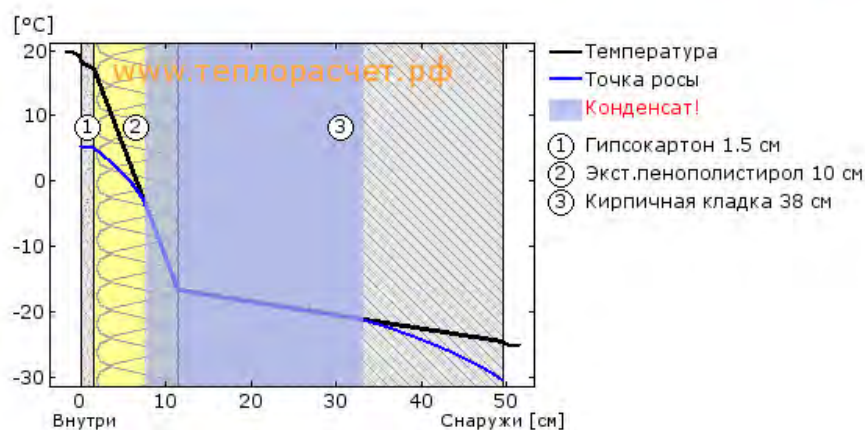


Рис. 2. Расчетная схема 2: верхний график — падение или увеличение температуры внутри ограждающей конструкции; нижний график — температура точки росы; серым цветом выделена зона возможной конденсации

Результаты расчета по второму варианту:

- 1) на графике (см. рис. 2) отчетливо видна зона конденсации;
- 2) внутренняя часть стены увлажнена;

3) нулевая изотерма проходит примерно в 8 см от внутренней поверхности многослойной стены;

4) вся существующая кирпичная стена находится в зоне отрицательных температур;

5) в аналогичном положении оконные и дверные коробки, которые также оказываются в зоне отрицательных температур;

6) меньшее количество конденсата в стене объясняется малой паропроницаемостью экструдированного пенополистирола.

Рассмотрим третий вариант утепления минеральной ватой снаружи с оштукатуриванием наружной поверхности.

Параметры используемых материалов для третьего варианта утепления приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

| Внутри |                      |             |                                             |                                                 |                                             |                                       |
|--------|----------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| Слой   | Материал             | Толщина, см | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Коэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/ °С | Коэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/ °С |
| 1-й    | Гипсокартон          | 1,5         | 790                                         | 0,21                                            | 0,075                                       | 1000                                  |
| 2-й    | Кирпичная кладка     | 38          | 1500                                        | 0,66                                            | 0,11                                        | 1000                                  |
| 3-й    | Минеральная вата     | 10          | 20                                          | 0,04                                            | 0,49                                        | 830                                   |
| 4-й    | Цементная штукатурка | 1,5         | 1800                                        | 1,5                                             | 0,03                                        | 2000                                  |

Снаружи — улица

Данные расчета для третьего варианта представлены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

| Материал             | Толщина, см | Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> °С / Вт | $T$ внутри, °С | $T$ снаружи, °С |
|----------------------|-------------|---------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Внутри помещения     |             | 0,13                                              | 20             | 18,24           |
| Гипсокартон          | 1,5         | 0,07                                              | 18,24          | 17,28           |
| Кирпичная кладка     | 38          | 0,58                                              | 17,28          | 9,5             |
| Минеральная вата     | 10          | 2,5                                               | 9,5            | -24,26          |
| Цементная штукатурка | 1,5         | 0,02                                              | -24,26         | -24,46          |
| Улица                |             | 0,04                                              | -24,46         | -25             |
| И т о г о            | 51          | 3,34                                              |                |                 |

На рис. 3 дана расчетная схема третьего варианта утепления.

Результаты расчета по третьему варианту:

1) на графике (см. рис. 3) видна незначительная зона конденсации у наружной поверхности стены, что впоследствии может привести к отслоению штукатурки при морозном пучении;

2) внутренняя часть существующей кирпичной стены не увлажнена;

3) нулевая изотерма проходит примерно в 8 см от наружной поверхности многослойной стены;

4) вся существующая кирпичная стена находится в зоне положительных температур;

5) оконные и дверные коробки оказываются в зоне положительных температур.

Теплопотери = 0.3 Вт/м<sup>2</sup>/К  
EnEV2009\* U < 0,24 Вт/м<sup>2</sup>/К

Конденсат = 4.63 гр/м<sup>2</sup>/час

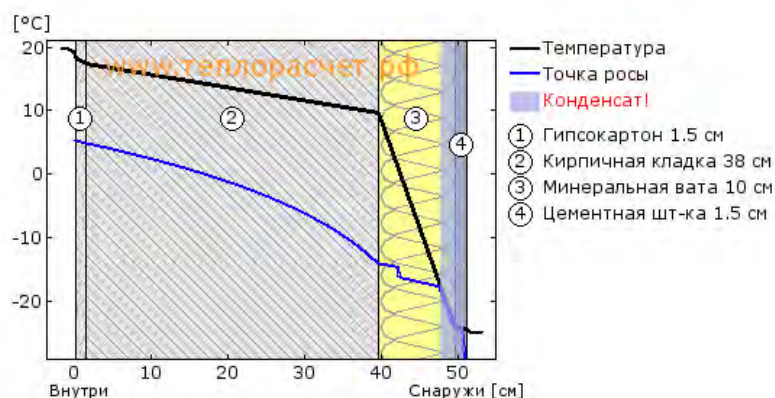


Рис. 3. Расчетная схема 3: верхний график — падение или увеличение температуры внутри ограждающей конструкции; нижний график — температура точки росы; серым цветом выделена зона возможной конденсации

Рассмотрим четвертый вариант утепления минеральной ватой снаружи с устройством вентилируемого фасада.

Параметры используемых материалов для четвертого варианта утепления приведены в табл. 7.

Данные расчета для 4-го варианта представлены в табл. 8.

На рис. 4 дана расчетная схема четвертого варианта утепления, где во всех точках графика температура точки росы ниже температуры материала, поэтому конденсата не будет.

Таблица 7

| Внутри |                  |             |                                          |                                             |                                        |                                   |
|--------|------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| Слой   | Материал         | Толщина, см | Плотность материала R, кг/м <sup>3</sup> | Коеф. теплопроводности материала L, Вт/м/°C | Коеф. паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость C, Дж/кг/°C |
| 1-й    | Гипсокартон      | 1,5         | 790                                      | 0,21                                        | 0,075                                  | 1000                              |
| 2-й    | Кирпичная кладка | 38          | 1500                                     | 0,66                                        | 0,11                                   | 1000                              |
| 3-й    | Минеральная вата | 10          | 20                                       | 0,04                                        | 0,49                                   | 830                               |

Снаружи — вентилируемый фасад

Результаты расчета по четвертому варианту:

- 1) на графике (см. рис. 4) нет зоны конденсации;
- 2) стена не увлажнена;
- 3) нулевая изотерма проходит примерно в 8 см от наружной поверхности многослойной стены;

4) вся существующая кирпичная стена находится в зоне положительных температур;

5) оконные и дверные коробки также находятся в зоне положительных температур.

Т а б л и ц а 8

| Материал         | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{°C} / \text{Вт}$ | $T$ внутри, $^{\circ}\text{C}$ | $T$ снаружи, $^{\circ}\text{C}$ |
|------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Внутри помещения |             | 0,13                                                          | 20                             | 18,24                           |
| Гипсокартон      | 1,5         | 0,07                                                          | 18,24                          | 17,27                           |
| Кирпичная кладка | 38          | 0,58                                                          | 17,27                          | 9,46                            |
| Минеральная вата | 10          | 2,5                                                           | 9,46                           | -24,46                          |
| Улица            |             | 0,04                                                          | -24,46                         | -25                             |
| Итого            | 49,5        | 3,32                                                          |                                |                                 |

Теплопотери = 0.3 Вт/м2/К  
EnEV2009\*  $U < 0,24 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$

Конденсата нет

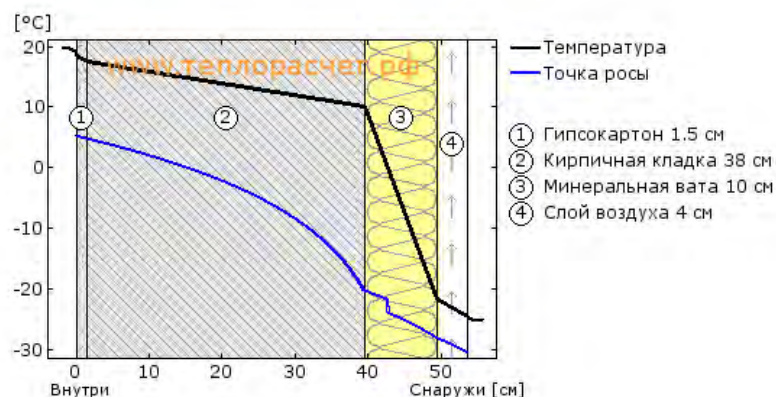


Рис. 4. Расчетная схема 4: верхний график — температура; нижний график — точка росы

### Выводы:

1. Результаты расчетов температуры с линейными теплофизическими свойствами показали, что утепление существующей кирпичной стены изнутри неприемлемо для теплозащиты несущих конструкций и микроклимата в здании. Такой способ утепления приводит к разрушению стены, деформированию отделки интерьера и образованию плесени в помещении.

2. Кроме того, следует отметить, что значительная доля в изменение распределения температуры вносится конструктивными особенностями, такими как щели, неплотная подгонка, технологические отверстия облицовки и т.п. Это приведет к изменению распределения температур и ее уменьшению на поверхности и внутри конструкции стены.

3. Соотношение финансовых затрат при наружном и внутреннем утеплении примерно равное. Незначительное удорожание дает использование вентилируемого фасада. Кроме того, утепление изнутри ведет к необходимости ремонта отделки интерьера, что сводит на нет разницу в цене.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко С. В. Оценка влагонакопления в ограждающих конструкциях зданий в годовом цикле // Энергобезопасность и энергосбережение. 2015. № 4. С. 12—17.
2. Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю. Температурно-влажностное состояние поверхностных слоев наружных ограждающих конструкций зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2016. № 6 (982). С. 70—71.
3. Груздо И. Ю., Перехоженцев А. Г. Исследование влагообмена пористых строительных материалов при положительных и отрицательных температурах // Журнал научных и прикладных исследований. 2016. № 6. С. 120—124.
4. Перехоженцев А. Г. Параметры микроклимата помещения — основа нормирования сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: Материалы XII Международной науч. конф. Волгоград, 2014. С. 371—378.
5. Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю. Исследование диффузии влаги в пористых строительных материалах. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 35 (54). С. 116—120.
6. Перехоженцев А. Г. Нормирование параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 30. С. 139—143.
7. Перехоженцев А. Г. Расчет распределения влаги в многослойных ограждающих конструкциях зданий на основе потенциала влажности при неизотермическом квазистационарном режиме // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2006. Вып. 6(21). С. 10—13.
8. Чеснокова О. Г. Применение новых строительных технологий при реконструкции старого жилого фонда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2004. Вып. 4(13). С. 95—97.
9. Корниенко С. В. Температурно-влажностный режим и теплозащитные свойства ограждающих конструкций с краевыми зонами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 35 (54). С. 62—69.
10. Chung J., Hulbert G. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method // J. Appl. Mech. 1993. Vol. 60. Pp. 371—37.
11. SUNDIALS: Suite of Nonlinear and Differential/Algebraic Equation Solvers / A. C. Hindmarsh, P. N. Brown, K. E. Grant S. L., Lee., R. Serban, D. E. Shumaker., C. S. Woodward // ACM T. Math. Software. 2005. Vol. 31. P. 363.
12. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems // SIAM J. Sci. Comput. 1994. Vol. 15. Pp. 1467—1488.
13. Sedlbauer K., Kunzel H. M. Luftkonvektions einflüsse auf den Warmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwollendämmung // WKS. 1999. Jg. 44. H. 43.
14. Gertis K. et al. Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 1: Transparente Warmedämmung. Bauphysik 21. 1999. H. 1. S. 1—9.
15. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life // Energy and Buildings. 2012. No. 47. Pp. 84—90.

© Чеснокова О. Г., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Чеснокова О. Г. Сравнительный анализ влагонакопления в ограждающей конструкции в зависимости от расположения слоя утеплителя // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 51—60.

Об авторе:

Чеснокова Оксана Геннадьевна — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [oxxana72@yandex.ru](mailto:oxxana72@yandex.ru)



**O. G. Chesnokova**

# COMPARATIVE ANALYSIS OF MOISTURE ACCUMULATION IN BUILDING ENVELOPE DEPENDING ON THE LOCATION OF INSULATION LAYER

The article deals with the results of the analysis of moisture accumulation depending on the location of insulation in a wall. Graphical analysis is conducted. The author summarizes the experience of building reconstruction and maintenance.

**Key words:** moisture accumulation, thermal-physical properties of materials, architectural and structural design, thermal conductivity coefficient, calculation of temperature fields.

## REFERENCES

1. Kornienko S. V. [Estimation of humidity accumulation in buildings' external wall surfaces in the annual cycle]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie* [Energy Safety and Energy Economy], 2015, no. 4, pp. 12—17.
2. Perekhozhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. [Temperature and humidity state of surface layers of external building envelope]. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki* [BST — Bulletin of Construction Equipment], 2016. № 6 (982), pp. 70—71.
3. Gruzdo I. Yu., Perekhozhentsev A. G. [Research of moisture exchange of porous construction materials under positive and negative temperatures]. *Zhurnal nauchnykh i prikladnykh issledovaniy* [Journal of scientific and applied researches]. 2016, no. 6, pp. 120—124.
4. Perekhozhentsev A. G. [Microclimate parameters of premises — the basis of regulation of resistance to heat exchange in building envelopes of residential and public buildings]. *Quality of Indoor air and Environmental. Proc. of XII Int. Sci. Conf.* Volgograd, 2014. Pp. 371—378.
5. Perekhozhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. [The study of moisture diffusion in porous construction materials]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 35 (54), pp. 116—120.
6. Perekhozhentsev A. G. [Regulation of microclimate parameters in residential and public buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2013, no. 30, pp. 139—143.
7. Perekhozhentsev A. G. [Analysis of the humidity distribution in multi-layer building envelope, based on the humidity potential in the conditions of nonisothermic quasistationary mode]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2006, no. 6(21), pp. 10—13.
8. Chesnokova O. G. [Application of new construction technologies when reconstructing old residential areas]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2004, no. 4(13), pp. 95—97.
9. Kornienko S. V. [Temperature and humidity conditions and thermal properties of enclosing structures with edge zones]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 35 (54), pp. 62—69.
10. Chung J., Hulbert G. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method. *J. Appl. Mech.*, 1993, vol. 60, pp. 371—37.
11. Hindmarsh A. C., Brown P. N., Grant K. E., Lee S. L., Serban R., Shumaker D. E., Woodward C. S. SUNDIALS: Suite of Nonlinear and Differential/Algebraic Equation Solvers. *ACM T Math. Software*, 2005, vol. 31, p. 363.
12. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems. *SIAM J. Sci. Comput.*, 1994, vol. 15, pp. 1467—1488.
13. Sedlbauer K., Kunzel H. M. Luftkonvektions einflüsse auf den Warmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwolledämmung. *WKS B*, 1999. Jg. 44. H. 43.

14. Gertis K. et al. Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 1: Transparente Warmedämmung. *Bauphysik* 21. 1999. H. 1. S. 1—9.

15. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. *Energy and Buildings*, 2012, no. 47, pp. 84—90.

*For citation:*

Chesnokova O. G. [Comparative analysis of moisture accumulation in building envelope depending on the location of insulation layer]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 51—60.

*About author:*

**Chesnokova Oksana Gennad'evna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [oxxxana72@yandex.ru](mailto:oxxxana72@yandex.ru)



УДК 624.011.78

**А. В. Чесноков, В. В. Михайлов**

*Липецкий государственный технический университет*

## НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Предлагается методика оценки несущей способности пневматических оболочек, состоящих из гибких полимерных пленок, учитывающая изменение внутреннего давления воздуха. Результаты работы могут быть использованы при проектировании облегченных строительных конструкций из пневматических оболочек.

**Ключевые слова:** пневматическая оболочка, полимерная пленка, внутреннее давление воздуха, несущая способность.

Пневматические оболочки состоят из полимерных пленок, герметично соединенных между собой с образованием одной или нескольких воздушных камер (рис. 1). Наибольшее распространение в настоящее время получили оболочки из материала ЭТФЭ, обладающего малым собственным весом, светопрозрачностью и долговечностью [1]. Среди зданий, покрытых пневматическими оболочками, можно выделить олимпийский стадион «Фишт» в г. Сочи, оранжерейный комплекс «Эдем» в Великобритании, «Водный куб» в Пекине, торгово-развлекательный центр «Хан Шатыр» в Астане и футбольный стадион «Альянс Арена» в Мюнхене [2].

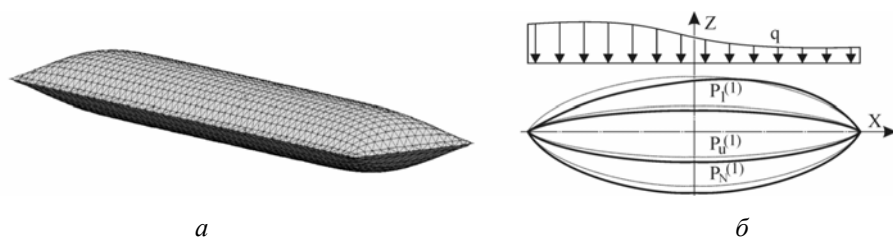


Рис. 1. Пневматическая оболочка, состоящая из нескольких камер: *a* — общий вид; *б* — поперечное сечение;  $P_u^{(1)}$  — внутреннее давление в камере *u*; *N* — количество камер; *q* — внешняя нагрузка

Пневматические оболочки находят также применение в быстровозводимых облегченных конструкциях, требующих относительно малых затрат на монтаж и транспортировку на строительную площадку [3, 4].

Вместе с тем пневматические оболочки отличаются сложным нелинейным поведением под нагрузкой, а механические характеристики материала ЭТФЭ проявляют зависимость от напряжений и температуры эксплуатации, обладая существенно выраженными физически нелинейными свойствами [5].

Аналізу работы пневматических оболочек посвящен ряд трудов. В работах [6, 7] оболочка заменяется гибкими нитями, неподвижно закрепленными в опорных узлах и имеющими очертания дуг окружностей. В работах [8, 9] оболочка моделируется поверхностью. При этом рассматриваются сечения постоянной кривизны, лежащие в плоскостях симметрии оболочки. Данные

упрощения ограничивают область применения указанных методик анализом оболочек, на которые действуют только равномерные нагрузки. К тому же оценка величины внутреннего давления воздуха в нагруженной оболочке сопряжена с существенными неточностями.

В работах [10, 11, 12] приводится методика учета изменения жесткостных характеристик материала пневматической оболочки, на которую действуют неравномерные внешние нагрузки. Предлагается функциональная зависимость, уточняющая форму поверхности оболочки. Результаты данных работ могут применяться для анализа пневматических оболочек с заданными параметрами, такими как размеры в плане и по высоте, число полимерных пленок и начальные давления воздуха. Однако, при назначении этих параметров на стадии вариантного проектирования, возникает необходимость оценки несущей способности оболочки.

Применительно к пневматическим оболочкам, рассчитываемым по предельным состояниям, можно записать следующие условия:

обеспечение прочности полимерных пленок, составляющих оболочку:

$$\Omega^I = 1 - \sigma_{\text{lim,max}} / \sigma_{\text{max}}^p \leq 0; \quad (1)$$

исключение образования складок на поверхности:

$$\Omega^{\text{II}} = 1 - \sigma_{\text{min}}^n / \sigma_{\text{lim,min}} \leq 0, \quad (2)$$

где  $\sigma_{\text{max}}^p$ ,  $\sigma_{\text{min}}^n$  — максимальное и минимальное напряжения в пневматической оболочке, от расчетных и нормативных внешних нагрузок, соответственно;  $\sigma_{\text{lim,max}}$  — напряжение в полимерной пленке, определяемое ее прочностными характеристиками и коэффициентами запаса;  $\sigma_{\text{lim,min}}$  — минимально допустимое напряжение в полимерной пленке, исходя из условий ее нормальной эксплуатации.

Требование второй группы предельных состояний предлагается в форме (2), так как при возникновении условного сжатия на участке полимерной пленки, он выключается из работы, а на поверхности оболочки образуются складки, способствующие скоплению пыли и грязи, затрудняющие сток атмосферных осадков, ухудшающие внешний вид покрытия и сокращающие срок его эксплуатации.

Внешнюю неравномерную нагрузку  $q$ , загружающую оболочку и распределенную, в общем случае, по сложному закону (см. рис. 1), предлагается заменить компонентами  $S_i$ ,  $i = 1...4$ , каждый из которых равномерно загружает ее сектора (рис. 2).

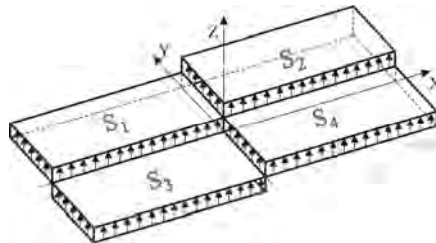


Рис. 2. Схема действия внешних нагрузок на пневматическую оболочку

Компоненты  $S_i$ , в свою очередь, можно представить в виде

$$S_i = v_L g_i, \quad (3)$$

где  $g_i$  ( $i=1...4$ ) — параметр, зависящий от характера распределения внешней нагрузки и определяемый, например, аэродинамическими коэффициентами (для ветра) или коэффициентами неравномерности снеговой нагрузки;  $v_L$  — параметр, определяемый интенсивностью внешней нагрузки и зависящий, например, от снегового и ветрового района строительства.

При заданном характере распределения внешней нагрузки предлагается итерационная методика, основанная на [13], позволяющая оценить ее интенсивность  $v_L$  (рис. 3), исходя из условий (1) и (2).

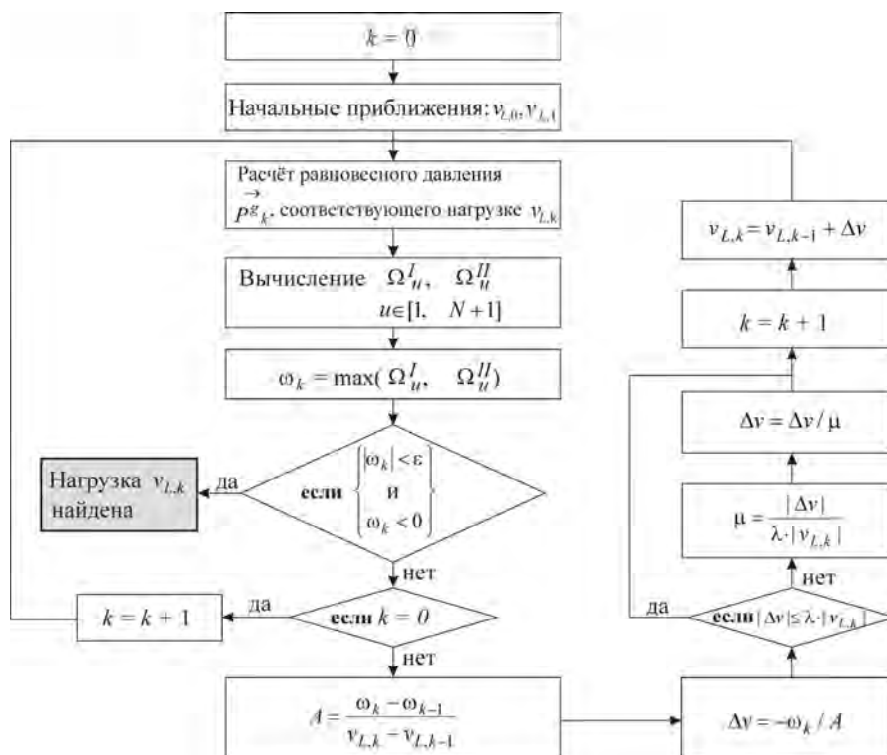


Рис. 3. Итерационная методика оценки интенсивности внешней нагрузки  $v_L$

Для вычисления значений  $\Omega^I$ , нормативная нагрузка  $v_L$  умножается на соответствующий коэффициент надежности по нагрузке. Значение  $\epsilon$  определяется требуемой степенью точности расчета, а параметр  $\lambda$  (может быть принят равным 0,2) необходим для стабилизации итерационного процесса и предотвращения его расходимости при значительных вариациях искомой нагрузки.

Внутренние давления  $\vec{P}_k^g$  в камерах пневматической оболочки на итерации  $k$  (см. рис. 3), влияющие на форму полимерных пленок, и, как следствие, на объем камер, должны соответствовать равновесным давлениям, полученным из объединенного газового закона:

$$P_u^{(1)} = (P_u^{(0)} + P_a) \frac{t_1 - T_{abs}}{t_0 - T_{abs}} \frac{V^{(0)}}{V^{(1)}} - P_a, \quad (4)$$

где  $P_u^{(0)}$  — начальное избыточное давление в камере  $u$  ненагруженной оболочки, имеющей объем  $V^{(0)}$  при температуре  $t_0$ ;  $V^{(1)}$  — объем камеры  $u$ , нагруженной внешней нагрузкой оболочки при изменившейся температуре  $t_1$ ;  $T_{abs} = -273,15$  °C;  $P_a$  — атмосферное давление.

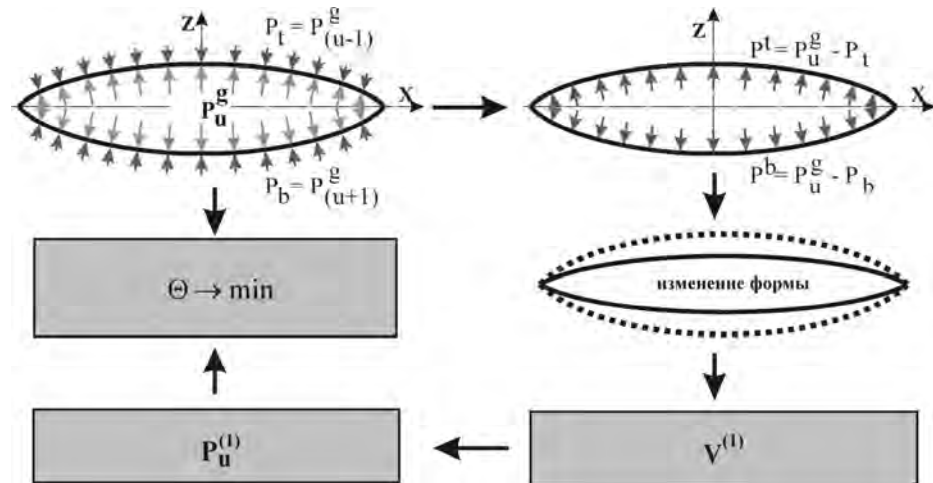


Рис. 4. К расхождению между заданными  $P_u^g$  и равновесными  $P_u^{(1)}$  давлениями внутри оболочки

Возникающие на каждой итерации  $k$  расхождения между заданными  $P_u^g$  и равновесными  $P_u^{(1)}$  давлениями (рис. 4) должны быть минимизированы:

$$\Theta_u = P_u^g - P_u^{(1)} \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для случая однокамерной оболочки, состоящей из двух полимерных пленок, образующих полость, заполненную сжатым воздухом, алгоритм минимизации ошибки (5) приведен в [11]. При большем числе камер имеет место задача численного решения системы нелинейных уравнений, для которой предлагается применить метод Бroyдена [14].

Итерационная методика поиска внутренних равновесных давлений в пневматической оболочке приведена на рис. 5, где  $[A]$  — квадратная матрица размером  $N \times N$ , содержащая частные производные расхождения давлений  $\Theta_u$  в камере оболочки  $u$  по давлениям  $P_w^g$  в камере  $w$ ;  $u \in [1, N]$ ,  $w \in [1, N]$ ,  $N$  — число камер пневматической оболочки;  $\vec{P}^g, \vec{P}_{init}, \vec{P}^{(1)}, \vec{V}^{(1)}, \vec{\Psi}_k, \vec{\Theta}, \vec{\Delta p}$  — вектора длиной  $N$ . В качестве начальных давлений  $P_{init}$  принимаются давления  $P^{(0)}$  в ненагруженной оболочке.

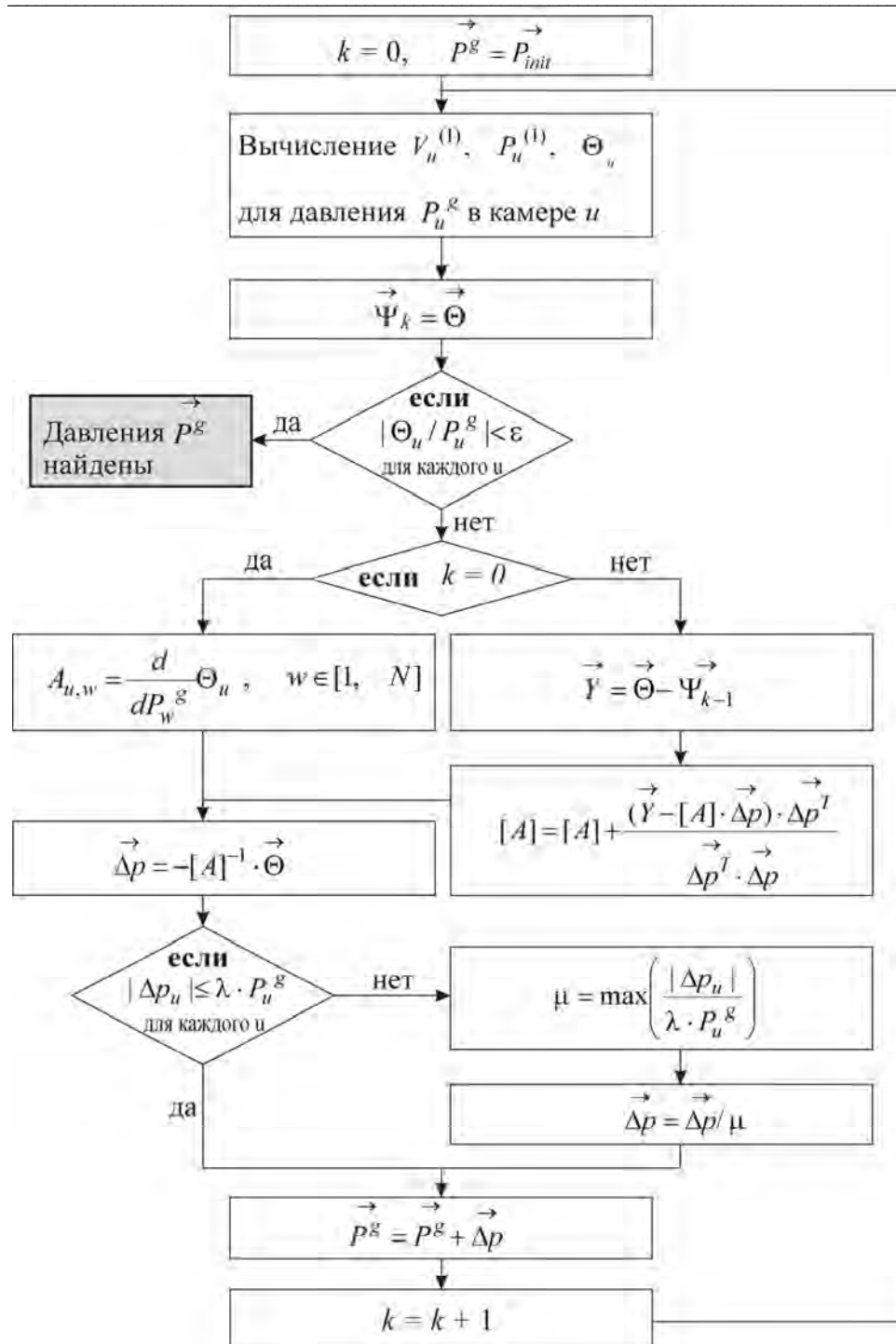


Рис. 5. Итерационная методика поиска внутреннего давления в пневматической оболочке [13]:  $P_{init}$  — начальные давления, используемые в итерационном процессе;  $\epsilon$  — предельно допустимая относительная невязка;  $\lambda$  — предельно допустимая величина изменения варьируемого параметра на итерации

Вычисление объемов  $V_u^{(1)}$  камер и оболочки производится интегрированием функции  $Z(x, y, \vec{Hs})$ , описывающей форму поверхности полимерных пленок. Функция  $Z$  приведена в [12]. Ее параметры  $\vec{Hs}$  предлагается определять методом наименьших квадратов исходя из условия равновесия поверхности (6), полученного из [15], которое линейризуется разложением в ряд Тейлора.

$$Z_{xx}\sigma_x \frac{\sqrt{1+Z_y^2}}{\sqrt{1+Z_x^2}} + Z_{yy}\sigma_y \frac{\sqrt{1+Z_x^2}}{\sqrt{1+Z_y^2}} = -(p_z - p_x Z_x - p_y Z_y) \sqrt{1+Z_x^2 + Z_y^2}, \quad (6)$$

где  $Z_x, Z_y, Z_{xx}, Z_{yy}, Z_{xy}$  — частные производные функции поверхности оболочки;  $\sigma_x, \sigma_y$  — поверхностные напряжения в рассматриваемой точке;  $p_x, p_y, p_z$  — нагрузки, включающие давление воздуха.

Для примера рассмотрена двухкамерная пневматическая оболочка при постоянной температуре  $t_0 = 23^\circ\text{C}$  (рис. 6). Начальные избыточные давления следующие:  $P_1^{(0)} = 0,9$  кПа — в верхней камере и  $P_2^{(0)} = 0,6$  кПа — в нижней. Начальные напряжения в полимерных пленках приняты одинаковыми и равными 2 кН/м. Приняты следующие параметры внешней нагрузки (3):

$$g_i = [-0,5, -1,0, +0,5, -0,5].$$

Допустимые напряжения (условия (1) и (2)) в полимерной пленке приняты в диапазоне:  $\sigma_{\text{lim,min}} = 0,25$  кН/м и  $\sigma_{\text{lim,max}} = 4,0$  кН/м.

Интенсивность внешней нагрузки определена по предлагаемой методике (см. рис. 3):  $v_L = 0,7$  кН/м<sup>2</sup>. В соответствии с (3) внешняя нагрузка, действующая на оболочку, приведена на рис. 6.

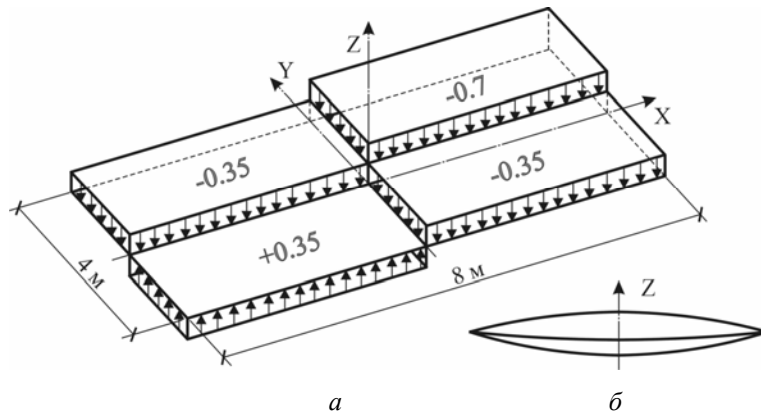


Рис. 6. Рассматриваемая пневматическая оболочка: а — схема приложения внешней нагрузки, (кН/м<sup>2</sup>); б — схематичное поперечное сечение

Отклонение равновесных давлений в камерах пневматической оболочки, полученных по предлагаемой итерационной методике (см. рис. 5), от результатов автоматизированного расчета в специализированном программном комплексе EASY не превышает 5 %.

По результатам работы можно сделать следующие **выводы**:

1. Предложена итерационная методика оценки несущей способности многокамерных пневматических оболочек с учетом изменения внутреннего давления воздуха.
2. Данная методика позволит упростить статический анализ пневматических оболочек и процесс их проектирования. Это положительным образом отразится на возможности вариантной проработки с целью поиска оптимального решения.
3. Полученные результаты находятся в соответствии с результатами расчета в специализированном программном комплексе EASY.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *LeCuyer A.* ETFE. Technology and design. Basel — Boston — Berlin: Birkhauser verlag AG, 2008. 160 p.
2. ETFE: прозрачный, гибкий, прочный // Здания высоких технологий. Sustainable building technologies. URL: [http://zvt.abok.ru/articles/111/ETFE\\_prozrachnii\\_gibkii\\_prochnii](http://zvt.abok.ru/articles/111/ETFE_prozrachnii_gibkii_prochnii)
3. *Tarczewski R.* Post-tensioned modular inflated structures // Textile composites and inflatable structures. Springer, 2005. Pp. 221—239.
4. *Tarczewski R., Bober W.* Rapidly assembled structures — new applications of inflatables // International Journal of Space Structures. 2009. Vol. 24. № 2. Pp. 103—109.
5. *Stimpfle B.* Recent ETFE-foil projects with large-format cushions // The eleventh international workshop on the design and practical realization of architectural membrane structures. Textile Roofs 2006. Berlin, Germany, 25 May, 2006. 29 p.
6. *Wagner R.* Basics in inflated cushions // Proceedings of the III international conference on textile composites and inflatable structures. Spain: Barcelona, 2007. 17—19 September. Pp. 19—24.
7. *Wagner R.* Simplified design tools for single/double curved membranes and inflated cushions // International Journal of Space Structures. 2008. Vol. 23. No. 4. Pp. 233—241.
8. *Borgart A.* Mechanical behavior of multi layered air inflated cushions // Proceedings of the III international conference on textile composites and inflatable structures. Barcelona, 17—19 September, 2007. Pp. 340—343.
9. *Borgart A.* An Approximate calculation method for air inflated cushion structures for design purposes // International Journal of Space Structures. 2010. Vol. 25. № 2. Pp. 83—91.
10. *Чесноков А. В.* Влияние изменения температуры на работу фрагментов пневматических оболочек // Интернет-вестник ВолГАСУ. Серия: Строительная информатика. 2013. Вып. 9(26). Ст. 7. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=94>
11. *Чесноков А. В.* Особенности работы фрагментов пневматических оболочек, подверженных действию внешних нагрузок // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2015. Вып. 1 (23). С. 36—43.
12. *Chesnokov A. V., Mikhaylov V. V.* Analysis of pneumatic envelopes arranged on rectangular plan // Structural membranes 2015. Proc. of the VII international conference on textile composites and inflatable structures. Barcelona, 19—21 October, 2015. Pp. 392—400. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2015/frontal/doc/Ebook2015.pdf>
13. *Mikhaylov V. V., Chesnokov A. V.* Structural behaviour of pneumatic cushions // Structural membranes 2015. Proc. of the VII international conference on textile composites and inflatable structures. Barcelona, 19—21 October, 2015. Pp. 423—432. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2015/frontal/doc/Ebook2015.pdf>
14. *Broyden C. G.* A class of methods for solving nonlinear simultaneous equations // Mathematics of Computation. American Mathematical Society. 1965. № 19(92). Pp. 577—593.
15. *Отто Ф., Тростель Р.* Пневматические строительные конструкции. Конструирование и расчет сооружений из тросов, сеток и мембран. М.: Издательство литературы по строительству, 1967. 320 с.

© *Чесноков А. В., Михайлов В. В.*, 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

**Ссылка для цитирования:**

Чесноков А. В., Михайлов В. В. Несущая способность пневматических оболочек // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 61—69.

**Об авторах:**

**Чесноков Андрей Владимирович** — канд. техн. наук, доц. кафедры строительного производства, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, Липецк, ул. Московская, 30, avchesnokov@lipetsk.ru

**Михайлов Виталий Витальевич** — д-р техн. наук, профессор кафедры строительного производства, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, Липецк, ул. Московская, 30, mmvv46@rambler.ru

**A. V. Chesnokov, V. V. Mikhailov**

## LOAD-BEARING CAPACITY OF PNEUMATIC ENVELOPES

The technique for assessment of load-bearing capacity of pneumatic envelopes made of flexible polymer films is proposed in the article. The technique includes estimation of internal air pressure variations. The results of the work may be used for design of light-weight structures, which consist of pneumatic envelopes.

**Key words:** pneumatic envelope, polymer film, internal air pressure, load-bearing capacity.

### REFERENCES

1. LeCuyer A. *ETFE. Technology and design*. Basel — Boston — Berlin, Birkhauser verlag AG, 2008. 160 p.
2. [ETFE: transparent, flexible, strong]. *Zdaniya vysokikh tekhnologii* [Sustainable building technologies]. URL: [http://zvt.abok.ru/articles/111/ETFE\\_prozrachnii\\_gibkii\\_prochnii](http://zvt.abok.ru/articles/111/ETFE_prozrachnii_gibkii_prochnii)
3. Tarczewski R. Post-tensioned modular inflated structures. *Textile composites and inflatable structures*. Springer, Netherland, 2005. Pp. 221—239.
4. Tarczewski R., Bober W. Rapidly assembled structures — new applications of inflatables. *International Journal of Space Structures*, 2009, 24(2), pp. 103—109.
5. Stimpfle B. Recent ETFE-foil projects with large-format cushions. *The eleventh international workshop on the design and practical realization of architectural membrane structures. Textile Roofs 2006*. Berlin, Germany, 25 May, 2006. 29 p.
6. Wagner R. Basics in inflated cushions. *Proc. of the III int. conf. on textile composites and inflatable structures*. Barcelona, 17—19 September, 2007. Pp. 19—24.
7. Wagner R. Simplified design tools for single/double curved membranes and inflated cushions. *International Journal of Space Structures*, 2008, 23(4), pp. 233—241.
8. Borgart A. Mechanical behavior of multi layered air inflated cushions. *Proc. of the III int. conf. on textile composites and inflatable structures*. Barcelona, 17—19 September, 2007. Pp. 340—343.
9. Borgart A. An Approximate calculation method for air inflated cushion structures for design purposes. *International Journal of Space Structures*, 2010, 25(2), pp. 83—91.
10. Chesnokov A. V. [The effect of temperature changes on the work of pneumatic envelope fragments]. *Internet-Vestnik VolgASU*, 2013, no. 9(26), paper 7. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=51&coverno=94>
11. Chesnokov A.V. [The features of the work of pneumatic envelope fragments subjected to external loads]. *Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Lipetsk State Technical University], 2015, no. 1 (23), pp. 36—43.
12. Chesnokov A. V., Mikhaylov V. V. Analysis of pneumatic envelopes arranged on rectangular plan. *Structural membranes 2015. Proc. of the VII int. conf. on textile composites and inflatable structures*. Barcelona, 19—21 October, 2015. Pp. 392—400. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2015/frontal/doc/Ebook2015.pdf>
13. Mikhaylov V. V., Chesnokov A. V. Structural behaviour of pneumatic cushions. *Structural membranes 2015. Proc. of the VII int. conf. on textile composites and inflatable structures*. Barcelona, 19—21 October, 2015. Pp. 423—432. URL: <http://congress.cimne.com/membranes2015/frontal/doc/Ebook2015.pdf>



14. Broyden C. G. A class of methods for solving nonlinear simultaneous equations. *Mathematics of Computation. American Mathematical Society*, 1965, no. 19(92), pp. 577—593.

15. Otto F., Trostel R. *Pnevmaticheskie stroitel'nye konstruksii. Konstruirovaniye i raschet sooruzhenii iz trosov, setok i membran* [Pneumatic building constructions. Structural engineering of constructions which consist of cables, grids and membranes]. Moscow, Publishing House of Literature on Construction, 1967. 320 p.

*For citation:*

Chesnokov A. V., Mikhailov V. V. [Load-bearing capacity of pneumatic envelopes]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 61—69.

*About authors:*

**Chesnokov Andrei Vladimirovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Civil Engineering Department, Lipetsk State Technical University, 30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russian Federation, avchesnokov@lipetsk.ru

**Mikhailov Vitalii Vital'ievich** — Doctor of Engineering Sciences, Professor of Civil Engineering Department, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya St., Lipetsk, 398600, Russian Federation, mmvv46@rambler.ru

УДК 699.86

**О. Г. Чеснокова**

*Волгоградский государственный технический университет*

# АНАЛИЗ ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ В ПЕНОБЕТОННОМ БЛОКЕ

Представлены результаты анализа влагонакопления в пенобетонном блоке в зависимости от конструкции стены. Проведен графический анализ.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** влагонакопление, теплофизические свойства материалов, архитектурно-конструктивное проектирование, коэффициент теплопроводности, расчет температурных полей.

В современной строительной практике широко используется пенобетонный блок. Жители частных домов из пенобетонного блока часто жалуются на значительную влажность в помещениях. Повышенная влажность в помещении создает неблагоприятный режим проживания и может приводить к значительному перерасходу теплоты. В данной статье представлен графический метод анализа многослойных конструкций, имеющих в своем составе пенобетонный блок. Проанализированы шесть наиболее распространенных вариантов конструкции стены с использованием пенобетонного блока. Для графического метода расчета использован интернет-ресурс (<http://www.теплорасчет.рф>).

Принятые параметры для расчета:

температура внутреннего воздуха 20 °С;  
температура наружного воздуха –25 °С;  
влажность внутри помещения 40 %, влажность снаружи 76 %).

Вопросы влагонакопления в строительных материалах были рассмотрены во многих публикациях [1—20].

В данной статье проанализированы степень накопления влаги, термическое сопротивление рядового сечения многослойной стены, а также зависимость накопления влаги внутри стены в зависимости от конструкции стены. Температура наружного воздуха выбрана наиболее неблагоприятная для города Волгограда.

Рассмотрим первый вариант расчета. Состав многослойной стены приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Внутри |                        |             |                                          |                                              |                                             |                                   |
|--------|------------------------|-------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Слой   | Материал               | Толщина, см | Плотность материала R, кг/м <sup>3</sup> | Коэф. теплопроводности материала L, Вт/м/ °С | Коэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость C, Дж/кг/°С |
| 1-й    | Известковая штукатурка | 1,5         | 1400                                     | 0,87                                         | 0,098                                       | 950                               |
| 2-й    | Пеноблок               | 37,5        | 350                                      | 0,09                                         | 0,23                                        | 1000                              |
| 3-й    | Кирпичная кладка       | 12          | 1500                                     | 0,66                                         | 0,11                                        | 1000                              |

Снаружи — улица

Данные расчета представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Материал                       | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ | $T$ внутри, $^{\circ}\text{C}$ | $T$ снаружи, $^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Внутри помещения               |             | 0,13                                                          | 20                             | 18,71                           |
| Известковая штукатурка         | 1,5         | 0,02                                                          | 18,71                          | 18,54                           |
| Пеноблок 350 кг/м <sup>3</sup> | 37,5        | 4,17                                                          | 18,54                          | -22,8                           |
| Кирпичная кладка               | 12          | 0,18                                                          | -22,8                          | -24,6                           |
| Улица                          |             | 0,04                                                          | -24,6                          | -25                             |
| Итого                          | 51          | 4,54                                                          |                                |                                 |

Ниже дан график температур в стене (рис. 1), где верхний график — температура; нижний график — точка росы; совпадение графиков — конденсат.



Рис. 1. График температур в стене по первому варианту расчета

Следующий график (рис. 2) показывает относительную влажность внутри конструкции, где 100 % — это зона образования конденсата.

Выводы по первому варианту расчета:

- 1) максимальная относительная влажность внутри конструкции — 100 %;
- 2) конденсация влаги на поверхности приведет к долгосрочному росту плесени;
- 3) при достижении критической влажности и последующем замораживании кладки может происходить ее постепенное повреждение вплоть до полного разрушения [1, 2];
- 4) нулевая изотерма проходит примерно в 20 см от внутренней поверхности многослойной стены, внутри пеноблока;
- 5) более чем половина стены находится в зоне отрицательных температур;
- 6) оконные и дверные коробки также оказываются в зоне отрицательных температур.



Рис. 2. График относительной влажности в стене по первому варианту расчета без использования утеплителя

Значение термического сопротивления по рядовому сечению — 4,54 м<sup>2</sup>К/Вт. То есть проектировщик может утверждать, что данная стена вполне приемлема для эксплуатации и имеет удовлетворительные характеристики.

Рассмотрим второй вариант многослойной конструкции.

Существует утверждение, что наличие замкнутой неветилируемой прослойки может исправить положение и улучшить температурные и влажностные показатели в стене. Но график температуры в стене (рис. 3) и данные расчета (табл. 3) подтверждают, что такая прослойка не дает ощутимых результатов.

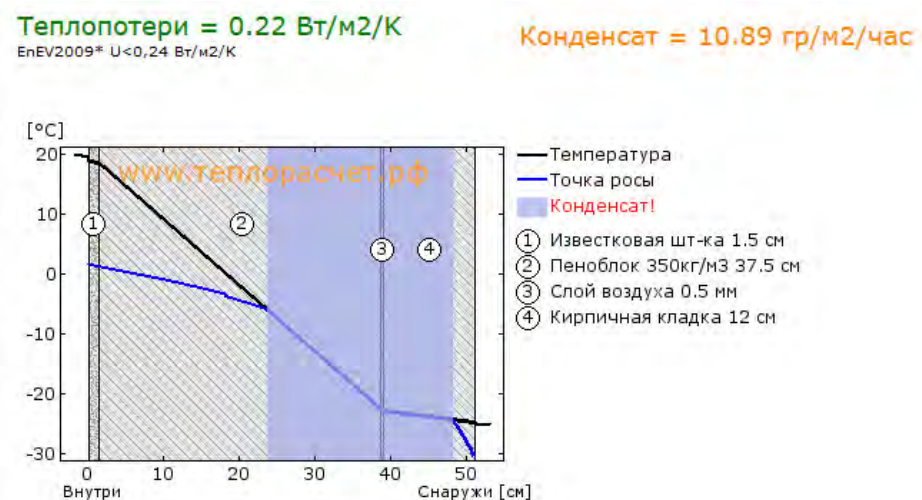


Рис. 3. График температур в стене по второму варианту расчета с замкнутой воздушной прослойкой: верхний график — температура; нижний график — точка росы; совпадение графиков — конденсат

Т а б л и ц а 3

| Материал                       | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ | $T$ внутри, $^{\circ}\text{C}$ | $T$ снаружи, $^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Внутри помещения               |             | 0,13                                                          | 20                             | 18,71                           |
| Известковая шт-ка              | 1,5         | 0,02                                                          | 18,71                          | 18,54                           |
| Пеноблок 350 кг/м <sup>3</sup> | 37,5        | 4,17                                                          | 18,54                          | -22,77                          |
| Слой воздуха                   | 0,05        | 0                                                             | -22,77                         | -22,8                           |
| Кирпичная кладка               | 12          | 0,18                                                          | -22,8                          | -24,6                           |
| Улица                          |             | 0,04                                                          | -24,6                          | -25                             |
| И т о г о                      | 51,05       | 4,54                                                          |                                |                                 |

Вывод по второму варианту расчета: на рис. 3 мы видим, что значения и выводы практически не отличаются от первого варианта расчета. Наличие замкнутой воздушной прослойки не дает ощутимых результатов.

Рассмотрим третий вариант многослойной конструкции стены, состав которой приведен в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

| Внутри |                        |             |                                             |                                                                 |                                             |                                                       |
|--------|------------------------|-------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Слой   | Материал               | Толщина, см | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Коэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/ $^{\circ}\text{C}$ | Коэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/ $^{\circ}\text{C}$ |
| 1-й    | Известковая штукатурка | 1,5         | 1400                                        | 0,87                                                            | 0,098                                       | 950                                                   |
| 2-й    | Пеноблок               | 37,5        | 350                                         | 0,09                                                            | 0,23                                        | 1000                                                  |
| 3-й    | Минеральная вата       | 5           | 20                                          | 0,04                                                            | 0,49                                        | 830                                                   |
| 4-й    | Кирпичная кладка       | 12          | 1500                                        | 0,66                                                            | 0,11                                        | 1000                                                  |

Снаружи — улица

График температур в стене по третьему варианту расчета представлен на рис. 4, где верхний график — температура; нижний график — точка росы; совпадение графиков — конденсат.

Теплопотери = 0.17 Вт/м<sup>2</sup>/К  
EnEV2009\*  $U < 0,24 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$

Конденсат = 9.45 гр/м<sup>2</sup>/час

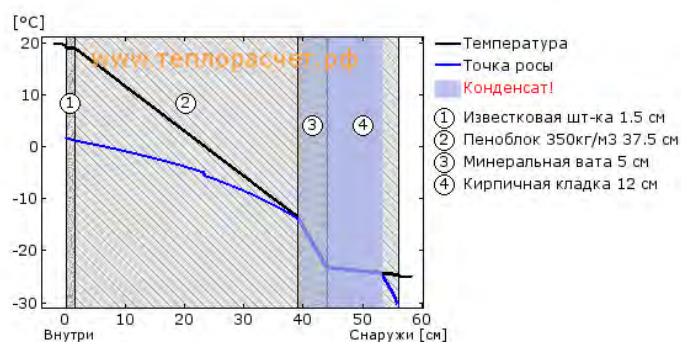


Рис. 4. График температур в стене по третьему варианту расчета с утеплителем 50 мм и облицовкой кирпичом

Следующий график (рис. 5) показывает относительную влажность внутри конструкции, где 100 % — это зона образования конденсата.

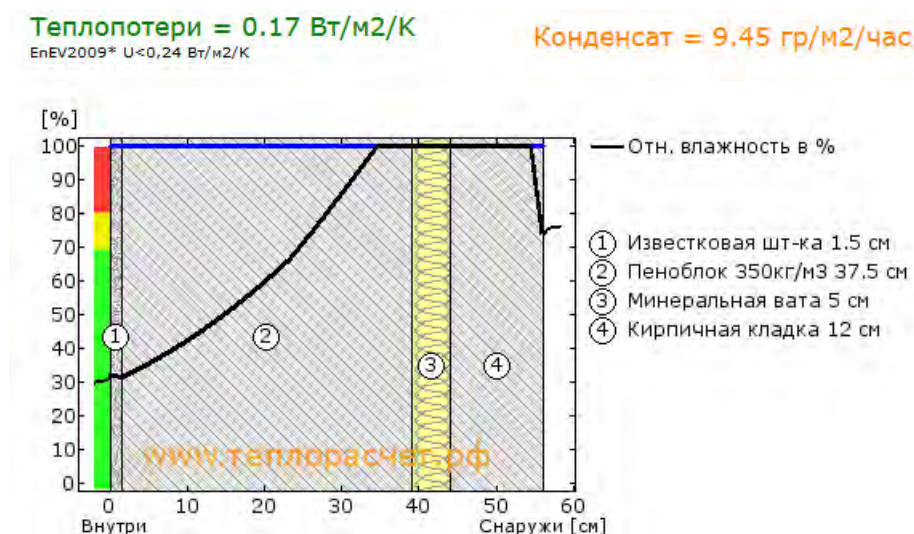


Рис. 5. График относительной влажности в стене по третьему варианту расчета

Данные расчета по третьему варианту даны в табл. 5.

Таблица 5

| Материал                       | Толщина, см | Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> К / Вт | T внутри, °C | T снаружи, °C |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|--------------|---------------|
| Внутри помещения               |             | 0,13                                             | 20           | 18,99         |
| Известковая шт-ка              | 1,5         | 0,02                                             | 18,99        | 18,85         |
| Пеноблок 350 кг/м <sup>3</sup> | 37,5        | 4,17                                             | 18,85        | -13,55        |
| Минеральная вата               | 5           | 1,25                                             | -13,55       | -23,27        |
| Кирпичная кладка               | 12          | 0,18                                             | -23,27       | -24,69        |
| Улица                          |             | 0,04                                             | -24,69       | -25           |
| Итого                          | 56          | 5,79                                             |              |               |

Вывод по третьему варианту расчета: максимальная относительная влажность внутри конструкции совпадает с первым вариантом расчета. Зона влагонакопления смещается в сторону утеплителя и отделочного слоя из кирпича. Значение термического сопротивления при этом — 5,79 м<sup>2</sup>К/Вт.

Рассмотрим четвертый вариант многослойной конструкции стены (табл. 6, рис. 6).

Следующий график (рис. 7) показывает относительную влажность внутри конструкции, где 100 % — это зона образования конденсата.

Данные расчета по четвертому варианту приведены в табл. 7.

Вывод по четвертому варианту расчета: при увеличении термического сопротивления до 7,04 м<sup>2</sup>К/Вт относительная влажность в конструкции остается 100 %, зона влагонакопления смещается в сторону утеплителя и отделочного слоя из кирпича.



Т а б л и ц а 6

| Внутри |                        |             |                                             |                                                |                                             |                                      |
|--------|------------------------|-------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Слой   | Материал               | Толщина, см | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Коэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/°C | Коэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/°C |
| 1-й    | Известковая штукатурка | 1,5         | 1400                                        | 0,87                                           | 0,098                                       | 950                                  |
| 2-й    | Пеноблок               | 37,5        | 350                                         | 0,09                                           | 0,23                                        | 1000                                 |
| 3-й    | Минеральная вата       | 10          | 20                                          | 0,04                                           | 0,49                                        | 830                                  |
| 4-й    | Кирпичная кладка       | 12          | 1500                                        | 0,66                                           | 0,11                                        | 1000                                 |

Снаружи — улица

Теплопотери = 0.14 Вт/м<sup>2</sup>/K

EnEV2009\*  $U < 0,24$  Вт/м<sup>2</sup>/K

Конденсат = 9.45 гр/м<sup>2</sup>/час

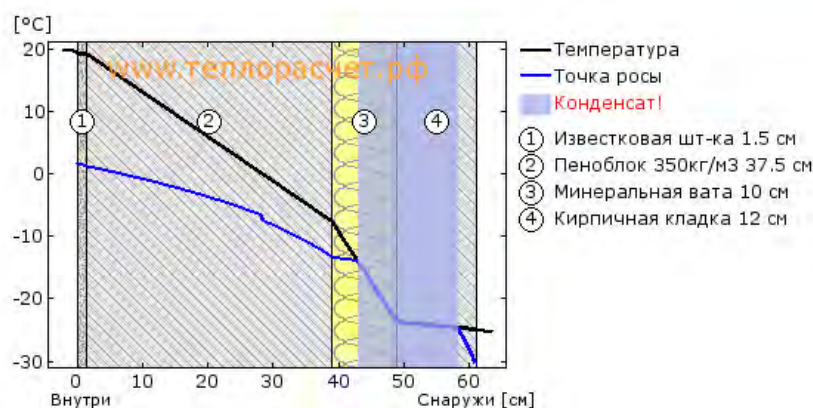


Рис. 6. График температур в стене по четвертому варианту расчета с утеплителем 100 мм и облицовкой кирпичом: верхний график — температура; нижний график — точка росы; совпадение графиков — конденсат

Теплопотери = 0.14 Вт/м<sup>2</sup>/K

EnEV2009\*  $U < 0,24$  Вт/м<sup>2</sup>/K

Конденсат = 9.45 гр/м<sup>2</sup>/час

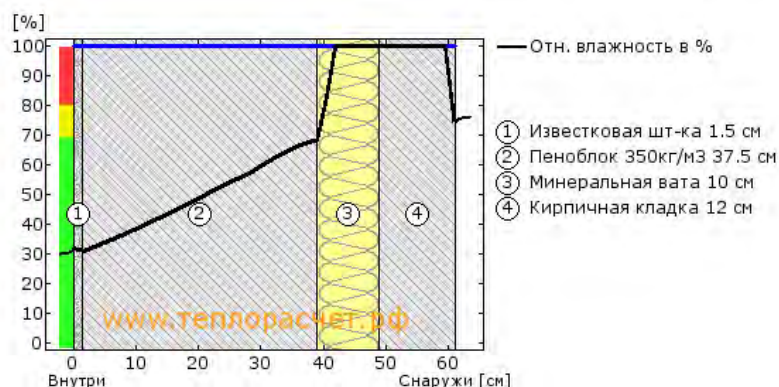


Рис. 7. График относительной влажности в стене по четвертому варианту расчета

Таблица 7

| Материал                            | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$ | $T_{\text{внутри}}, ^\circ\text{C}$ | $T_{\text{снаружи}}, ^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Внутри помещения                    |             | 0,13                                                          | 20                                  | 19,17                                |
| Известковая шт-ка                   | 1,5         | 0,02                                                          | 19,17                               | 19,06                                |
| Пеноблок 350 $\text{кг}/\text{м}^3$ | 37,5        | 4,17                                                          | 19,06                               | -7,59                                |
| Минеральная вата                    | 10          | 2,5                                                           | -7,59                               | -23,58                               |
| Кирпичная кладка                    | 12          | 0,18                                                          | -23,58                              | -24,74                               |
| Улица                               |             | 0,04                                                          | -24,74                              | -25                                  |
| Итого                               | 61          | 7,04                                                          |                                     |                                      |

Рассмотрим пятый вариант многослойной конструкции стены (табл. 8, рис. 8).

Таблица 8

| Внутри |                        |             |                                               |                                                                           |                                                                                    |                                                                 |
|--------|------------------------|-------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Слой   | Материал               | Толщина, см | Плотность материала $R, \text{кг}/\text{м}^3$ | Коеф. теплопроводности материала $L, \text{Вт}/\text{м} / ^\circ\text{C}$ | Коеф. паропроницаемости $\mu, \text{мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ | Удельная теплоемкость $C, \text{Дж}/\text{кг} / ^\circ\text{C}$ |
| 1-й    | Известковая штукатурка | 1,5         | 1400                                          | 0,87                                                                      | 0,098                                                                              | 950                                                             |
| 2-й    | Пеноблок               | 37,5        | 350                                           | 0,09                                                                      | 0,23                                                                               | 1000                                                            |
| 3-й    | Минеральная вата       | 5           | 20                                            | 0,04                                                                      | 0,49                                                                               | 830                                                             |

Снаружи — вентилируемый фасад

Теплопотери = 0.18 Вт/м<sup>2</sup>/К  
EnEV2009\*  $U < 0,24 \text{ Вт}/\text{м}^2/\text{К}$

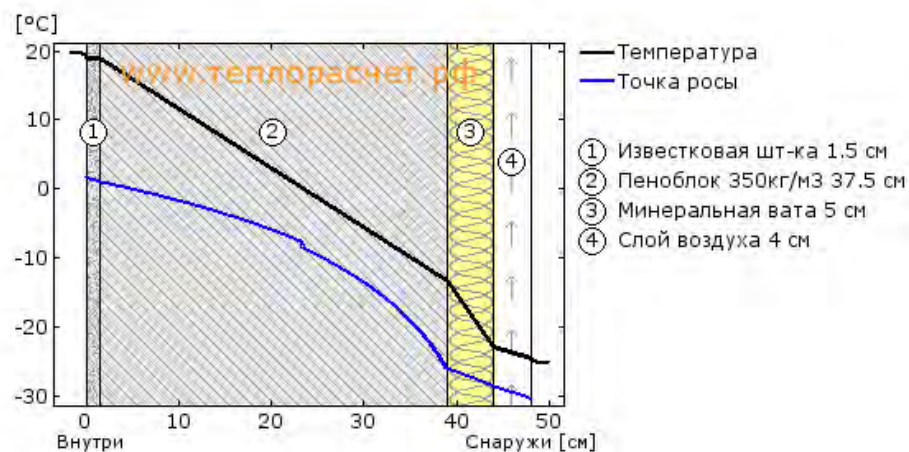


Рис. 8. График температур в стене по пятому варианту расчета с утеплителем 50 мм и устройством вентилируемого фасада: верхний график — температура; нижний график — точка росы

Данные расчета представлены в табл. 9.



Т а б л и ц а 9

| Материал                       | Толщина, см | Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \text{К} / \text{Вт}$ | $T$ внутри, $^{\circ}\text{C}$ | $T$ снаружи, $^{\circ}\text{C}$ |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Внутри помещения               |             | 0,13                                                         | 20                             | 18,96                           |
| Известковая шт-ка              | 1,5         | 0,02                                                         | 18,96                          | 18,82                           |
| Пеноблок 350 кг/м <sup>3</sup> | 37,5        | 4,17                                                         | 18,82                          | -14,64                          |
| Минеральная вата               | 5           | 1,25                                                         | -14,64                         | -24,68                          |
| Улица                          |             | 0,04                                                         | -24,68                         | -25                             |
| И т о г о                      | 44          | 5,61                                                         |                                |                                 |

Приведенный ниже график (рис. 9) показывает относительную влажность внутри конструкции, где 100 % — это зона образования конденсата.

Теплопотери = 0.18 Вт/м<sup>2</sup>/К

EnEV2009\*  $U < 0,24 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$

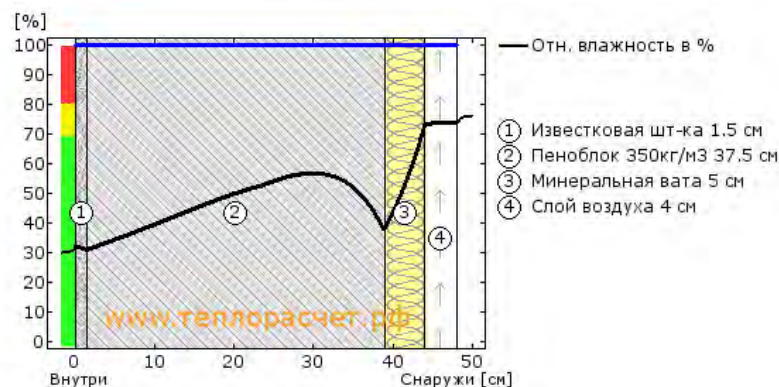


Рис. 9. График относительной влажности в стене по пятому варианту расчета

Выводы по пятому варианту расчета:

- 1) максимальная относительная влажность внутри конструкции снижается до 74 %;
- 2) рост плесени не может быть исключен;
- 3) влага в минеральной вате будет высушиваться при дневных повышениях температуры воздуха;
- 4) в пеноблоке накопления влаги не будет.

Рассмотрим шестой вариант многослойной конструкции стены (табл. 10, рис. 10).

Т а б л и ц а 10

| Слой | Материал               | Толщина, см | Внутри                                      |                                                                |                                            |                                                       |
|------|------------------------|-------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|      |                        |             | Плотность материала $R$ , кг/м <sup>3</sup> | Кэф. теплопроводности материала $L$ , Вт/м/ $^{\circ}\text{C}$ | Кэф. паропроницаемости $\mu$ , мг/(м·ч·Па) | Удельная теплоемкость $C$ , Дж/кг/ $^{\circ}\text{C}$ |
| 1-й  | Известковая штукатурка | 1,5         | 1400                                        | 0,87                                                           | 0,098                                      | 950                                                   |
| 2-й  | Пеноблок               | 37,5        | 350                                         | 0,09                                                           | 0,23                                       | 1000                                                  |
| 3-й  | Минеральная вата       | 10          | 20                                          | 0,04                                                           | 0,49                                       | 830                                                   |

Снаружи — вентилируемый фасад

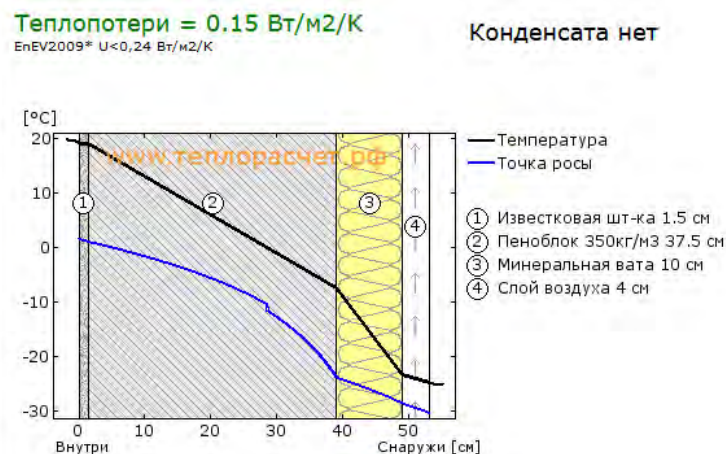


Рис. 10. График температур в стене по шестому варианту расчета утеплителем 100 мм и устройством вентилируемого фасада: верхний график — температура; нижний график — точка росы

График на рис. 11 показывает относительную влажность внутри конструкции, где 100 % — это зона образования конденсата.

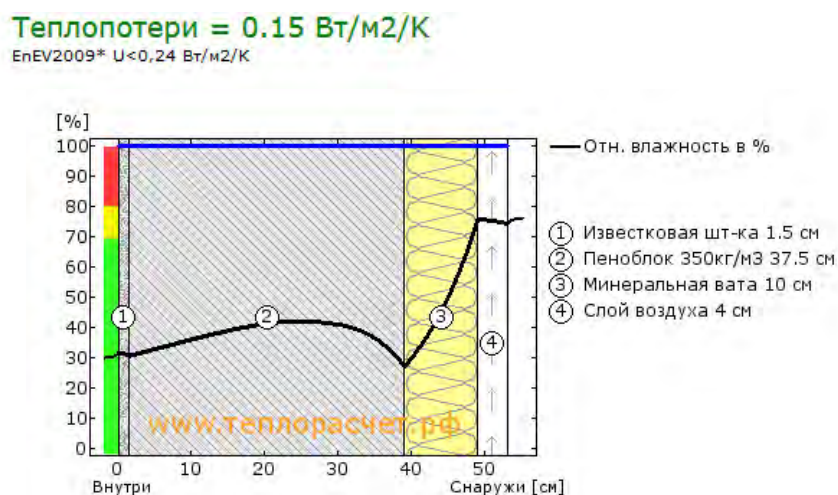


Рис. 11. График относительной влажности в стене по шестому варианту расчета

Данные расчета даны в табл. 11.

Таблица 11

| Материал                       | Толщина, см | Термическое сопротивление, м <sup>2</sup> К / Вт | T внутри, °C | T снаружи, °C |
|--------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|--------------|---------------|
| Внутри помещения               |             | 0,13                                             | 20           | 19,15         |
| Известковая шт-ка              | 1,5         | 0,02                                             | 19,15        | 19,03         |
| Пеноблок 350 кг/м <sup>3</sup> | 37,5        | 4,17                                             | 19,03        | -8,32         |
| Минеральная вата               | 10          | 2,5                                              | -8,32        | -24,74        |
| Улица                          |             | 0,04                                             | -24,74       | -25           |
| Итого                          | 49          | 6,86                                             |              |               |

## Выводы:

Влагонакопление в пенобетонном блоке происходит в зависимости от конструкции стены и погодных условий. При неудовлетворительной конструкции (вариант 1—4) влага в пенобетонном блоке будет накапливаться каждую зиму. Для повышения теплозащиты наружных стен необходимо устройство сплошного наружного слоя теплоизоляции и вентилируемого фасада, увеличивающих долговечность внутреннего слоя стены и качество внутренней среды в здании. Ввиду низкой теплотехнической однородности стен в виде кладки из пенобетонных блоков толщина блоков 375...400 мм без дополнительного утепления оказывается недостаточной [1]. Использование вентилируемого фасада дает большие возможности по просушке конструктивных слоев, лучшие санитарно-гигиенические условия проживания в здании и более оптимальный режим для существования стены.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко С. В. Оценка влагонакопления в ограждающих конструкциях зданий в годовом цикле // Энергобезопасность и энергосбережение. 2015. № 4. С. 12—17.
2. Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю. Температурно-влажностное состояние поверхностных слоев наружных ограждающих конструкций зданий // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2016. № 6 (982). С. 70—71.
3. Груздо И. Ю., Перехоженцев А. Г. Исследование влагообмена пористых строительных материалов при положительных и отрицательных температурах // Журнал научных и прикладных исследований. 2016. № 6. С. 120—124.
4. Перехоженцев А. Г. Параметры микроклимата помещения — основа нормирования сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XII Международной науч. конф. Волгоград, 2014. С. 371—378.
5. Перехоженцев А. Г., Груздо И. Ю. Исследование диффузии влаги в пористых строительных материалах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 35 (54). С. 116—120.
6. Перехоженцев А. Г. Нормирование параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 30. С. 139—143.
7. Перехоженцев А. Г. Расчет распределения влаги в многослойных ограждающих конструкциях зданий на основе потенциала влажности при неизотермическом квазистационарном режиме // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2006. Вып. 6(21). С. 10—13.
8. Чеснокова О. Г. Применение новых строительных технологий при реконструкции старого жилого фонда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2004. № 4. с. 95—97.
9. Корниенко С. В. Температурно-влажностный режим и теплозащитные свойства ограждающих конструкций с краевыми зонами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 35 (54). С. 62—69.
10. Корниенко С. В. Проблемы теплозащиты наружных стен современных зданий // Интернет-вестник ВолГАСУ. 2013. № 1 (25). Ст. 13. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&covemo=90>
11. Корниенко С. В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 33—48.
12. Корниенко С. В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8 (52). С. 25—37.
13. Корниенко С. В., Ватин Н. И., Горшков А. С. Оценка теплозащиты эксплуатируемых жилых зданий из газобетонных блоков // Энергосбережение. 2016. № 6. С. 32—35.
14. Чеснокова О. Г. Анализ эффективности увеличения толщины утеплителя // Архитектура. Строительство. Образование. Материалы Всероссийской конференции по итогам X Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ по специальности «Проектирование зданий». Волгоград: ВолГАСУ, 2015. С. 57—64.

15. Chung J., Hulbert G. M. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method // J. Appl. Mech. 1993. Vol. 60. Iss. 2. Pp. 371—375. DOI: 10.1115/1.2900803
16. SUNDIALS: Suite of nonlinear and differential/algebraic equation solvers / A.C. Hindmarsh, P. N. Brown, K. E. Grant, S. L. Lee, R. Serban, D. E. Shumaker, C. S. Woodward // ACM T. Math. Software. 2005. V. 31. Iss. 3. Pp. 363—369. DOI: 10.1145/1089014.1089020
17. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems // SIAM J. Sci. Comput. 1994. Vol. 15. No. 6. Pp. 1467—1488. DOI: 10.1137/0915088
18. Sedlbauer K., Kunzel H. M. Luftkonvektions einflüsse auf den Wärmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwolledämmung // WKS-B. 1999. Jg. 44. H. 43.
19. Gertis K., Reiß J., Wetzel, C., Sinnesbichler H. Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 1: Transparente Wärmedämmung // Bauphysik. 1999. 21. Nr. 1. S. 1—9.
20. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life // Energy and Buildings. 2012. No. 47. Pp. 84—90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.030>

© Чеснокова О. Г., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Чеснокова О. Г. Анализ влагонакопления в пенобетонном блоке // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 70—81.

Об авторе:

Чеснокова Оксана Геннадьевна — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [oxxana72@yandex.ru](mailto:oxxana72@yandex.ru)

**O. G. Chesnokova**

## THE ANALYSIS OF MOISTURE ACCUMULATION IN A FOAM-CONCRETE BLOCK

The article highlights the results of the analysis of moisture accumulation in a foam-concrete block depending on the wall construction. Graphical analysis is conducted.

**Key words:** moisture accumulation, thermal-physical properties of materials, architectural and structural design, thermal conductivity coefficient, calculation of temperature fields.

## REFERENCES

1. Kornienko S. V. [Estimation of humidity accumulation in buildings' external wall surfaces in the annual cycle]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie* [Energy Safety and Energy Economy], 2015, no. 4, pp. 12—17.
2. Perekhzhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. [Temperature and humidity state of surface layers of external building envelope]. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki* [BST — Bulletin of Construction Equipment], 2016, no. 6 (982), pp. 70—71.
3. Gruzdo I. Yu., Perekhzhentsev A. G. [Research of moisture exchange of porous construction materials under positive and negative temperatures]. *Zhurnal nauchnykh i prikladnykh issledovaniy* [Journal of scientific and applied researches], 2016, no. 6, pp. 120—124.
4. Perekhzhentsev A. G. [Microclimate parameters of premises — the basis of regulation of resistance to heat exchange in building envelopes of residential and public buildings]. *Quality of Indoor air and Environmental. Proc. of XII Int. Sci. Conf.* Volgograd, 2014. Pp. 371—378.
5. Perekhzhentsev A. G., Gruzdo I. Yu. [The study of moisture diffusion in porous construction materials]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 35 (54), pp. 116—120.

6. Perekhozhentsev A. G. [Regulation of microclimate parameters in residential and public buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2013, no. 30, pp. 139—143.
7. Perekhozhentsev A.G. [Analysis of the humidity distribution in multi-layer building envelope, based on the humidity potential in the conditions of nonisothermic quasistationary mode]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2006, no. 6(21), pp. 10—13.
8. Chesnokova O. G. [Application of new construction technologies when reconstructing old residential areas]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2004, no. 4(13), pp. 95—97.
9. Kornienko S. V. [Temperature and humidity conditions and thermal properties of enclosing structures with edge zones]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 35 (54), pp. 62—69.
10. Kornienko S. V. [Problems of thermal protection of external walls of modern buildings]. *Internet-Vestnik VolGASU*, 2013, no 1(25), paper 13. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=90>
11. Korniyenko S. V. [Complex assessment of energy efficiency and thermal performance for buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures], 2014, no. 11 (26), pp. 33—48.
12. Korniyenko S. V. [Multifactorial forecast of thermal behavior in building envelope elements]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2014, no. 8 (52), pp. 25—37.
13. Kornienko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. [Assessment of Thermal Protection of Operating Residential Buildings made of Gas-Concrete Blocks]. *Energoberezhenie* [Energy efficiency], 2016, no. 6, pp. 32—35.
14. Chesnokova O. G. [The analysis of efficiency of increase in thickness of insulation]. *Arkhitektura. Stroitel'stvo. Obrazovanie Materialy Vserossiiskoi konferentsii po itogam X Vserossiiskogo konkursa vypusknykh kvalifikatsionnykh rabot po spetsial'nosti «Proektirovanie zdaniy»* [Architecture. Construction. Education. Proc. of the All-Russian conf. following the results of the X All-Russian contest of final qualification papers in "Building Design" speciality]. Volgograd, VolSU Publ., 2015. Pp. 57—64.
15. Chung J., Hulbert G. M. A time integration algorithm for structural dynamics with improved numerical dissipation: The generalized- $\alpha$  method. *J. Appl. Mech.*, 1993, 60(2), pp. 371—375. DOI: 10.1115/1.2900803
16. Hindmarsh A. C., Brown P. N., Grant K. E., Lee S. L., Serban R., Shumaker D. E., Woodward C. S. SUNDIALS: Suite of nonlinear and differential/algebraic equation solvers. *ACM T. Math. Software*, 2005, 31(3), pp. 363—369. DOI: 10.1145/1089014.1089020
17. Brown P. N., Hindmarsh A. C., Petzold L. R. Using Krylov methods in the solution of large-scale differential-algebraic systems. *SIAM J. Sci. Comput.*, 1994, 15(6), pp. 1467—1488. DOI: 10.1137/0915088
18. Sedlbauer K., Kunzel H. M. Luftkonvektions einflüsse auf den Warmedurchgang von belüfteten Fassaden mit Mineralwolledämmung. *WKSB*, 1999, jg. 44, h. 43.
19. Gertis K., Reiß J., Wetzels C., Sinnesbichler H. Sind neuere Fassadenentwicklungen bauphysikalisch sinnvoll? Teil 1: Transparente Wärmedämmung. *Bauphysik*, 1999, 21, nr. 1, s. 1—9.
20. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. *Energy and Buildings*, 2012, no. 47, pp. 84—90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.030>

**For citation:**

Chesnokova O. G. [The analysis of moisture accumulation in a foam-concrete block]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 70—81.

**About author:**

**Chesnokova Oksana Gennad'evna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [oxxxana72@yandex.ru](mailto:oxxxana72@yandex.ru)

УДК 624.042.7:624.046:004.942:519.21

**А. Ю. Чаускин, В. А. Пшеничкина**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УРОВНЯ МРЗ**

Выполнен вероятностный расчет нелинейной системы с изменяющимися жесткостными характеристиками вследствие полученных повреждений в процессе сейсмического воздействия. Вычислены амплитудно-частотная характеристика системы, мгновенная спектральная плотность выходного процесса, дисперсия и стандарт относительных перемещений, коэффициент динамичности.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** нелинейные системы, статистическая теория сейсмостойкости, мгновенная частота собственных колебаний, вероятностный расчет.

Оценка количественных показателей сейсмической надежности зданий и сооружений — одна из главных задач статистической теории сейсмостойкости. Основным и наиболее трудоемким этапом при решении данной задачи является вероятностный расчет системы. Методы анализа линейных стохастических систем в настоящее время разработаны достаточно полно, вместе с тем исследования, посвященные решению нелинейных стохастических задач теории сейсмостойкости, практически отсутствуют. Представленные в работах [1] и [2] исследования описывают нелинейную систему с учетом изменения собственных динамических характеристик системы во время сейсмического воздействия уровня «максимальное расчетное землетрясение». В качестве объекта рассматривается здание башенного типа (высота намного больше размеров в плане), отвечающее положениям сейсмостойкого проектирования: равномерное распределение массы и жесткости по высоте, симметричное и регулярное расположение вертикальных несущих элементов, монолитность системы, что обеспечивает эффективное распределение напряжений и диссипацию энергии. Расчет КЭ-модели объекта (рис. 1) производился прямым динамическим методом в программном комплексе SIMULIA Abaqus/Explicit (Abaqus Theory Manual / Dassault Systèmes Simulia Corp. Providence, RI, USA, 2016) с учетом физической нелинейной модели материала CDP [4, 5, 6]. Для вероятностного расчета принята обобщенная модель здания с изменяющимися жесткостными характеристиками, представляющая собой стохастически нелинейную динамическую систему под действием стационарной сейсмической нагрузки с расчетными параметрами, соответствующими проекту ГОСТ Р «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» [7].

В настоящее время при решении нелинейных стохастических задач применяются методы статистической линеаризации [8, 9] и малого параметра. В представленном исследовании для линеаризации системы применяем метод канонических разложений В. С. Пугачева [10].

Дифференциальное уравнение случайных колебаний одностепенной нелинейной системы, с учетом изменения частоты собственных колебаний имеет вид:

$$\ddot{\tilde{y}}(t) + b(t)\dot{\tilde{y}} + \omega_m^2(t)\tilde{y}(t) = \tilde{X}(t), \quad (1)$$

где  $b(t)$  и  $\omega_m(t)$  — медленно меняющиеся коэффициенты;  $\tilde{X}(t)$  — случайная функция ускорения грунтового основания с нулевым математическим ожиданием. При этом  $\omega_m(t)$  является функцией изменения частоты собственных колебаний [1, 2]:

$$\omega_m(t) = \omega_0 - a(th(bt - c) + 1), \quad (2)$$

здесь  $\omega_0$  — значение начальной собственной частоты колебаний системы, рад/с;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты, характеризующие хронологию отклика системы на внешнее воздействие;  $t$  — момент времени, в который рассматривается состояние системы;  $th$  — гиперболический тангенс.

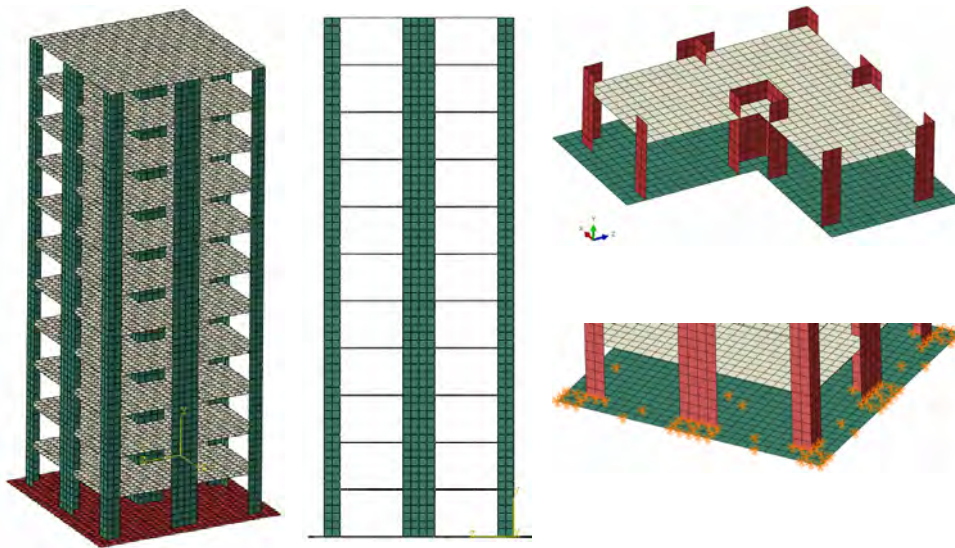


Рис. 1. Исследуемая КЭ-модель: слева — общий вид; справа — фрагментация и граничные условия

Для графика функции изменения частоты собственных колебаний (рис. 2):  $t_{Bm}$  — момент времени, в который наблюдается максимум скорости изменения функции (максимум скорости снижения собственной частоты);  $t_{Bs}$  и  $t_{Bf}$  — моменты времени, когда имеют место максимальные ускорения изменения функции (максимальные ускорения изменения собственной частоты);  $A$ ,  $B$ ,  $C$  — характерные участки, отражающие различные стадии отклика системы на внешнее воздействие.

Запишем случайную функцию  $\tilde{X}(t)$  в виде интегрального канонического разложения (3) с координатными функциями  $e^{\lambda t}$ . Тогда выходная случайная функция системы также получается в виде канонического разложения (4) с координатными функциями выхода  $z(t, \lambda)e^{\lambda t}$ .



$$\tilde{X}(t) = \sum_{j=1}^{\infty} \tilde{V}_j e^{\lambda_j t}; \quad (3)$$

$$\tilde{y}(t) = \sum_{j=1}^{\infty} \tilde{V}_j z(t, \lambda_j) e^{\lambda_j t}. \quad (4)$$

Подставив (3) и (4) в уравнение (1), получим

$$\ddot{z}(t, \lambda) + (b(t) + 2\lambda) \dot{z}(t, \lambda) + (\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2) z(t, \lambda) = 1. \quad (5)$$

Отбрасывая в первом приближении производные медленно изменяющейся функции времени  $z(t, \lambda)$ , получаем

$$z(t, \lambda) \approx z_1(t, \lambda) = \frac{1}{\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2} \quad (6)$$

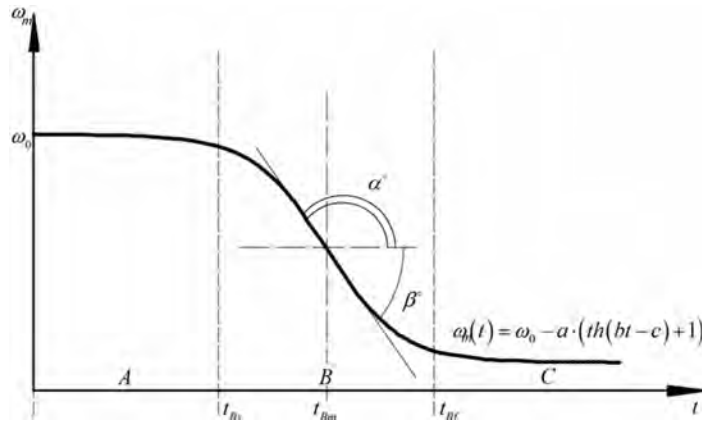


Рис. 2. Функция изменения частоты собственных колебаний: пунктиром выделены характерные участки графика

Во втором приближении учитываем первую производную функции  $z(t, \lambda)$ , приняв ее равной производной функции  $z_1(t, \lambda)$ , полученной в первом приближении [10]:

$$\dot{z}(t, \lambda) \approx \dot{z}_1(t, \lambda) = - \frac{\dot{\omega}_m^2(t) + \dot{b}(t)\lambda}{(\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2)^2}. \quad (7)$$

Второе приближение  $z_2(t, \lambda)$ :

$$\begin{aligned} (\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2) z_2(t, \lambda) &= 1 - (b(t) + 2\lambda) \dot{z}_1(t, \lambda) = \\ &= 1 + \frac{(b(t) + 2\lambda)(\dot{\omega}_m^2(t) + \dot{b}(t)\lambda)}{(\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2)^2}. \end{aligned} \quad (8)$$



Окончательно функция  $z(t, \lambda)$  примет вид (9):

$$z(t, \lambda) \approx z_2(t, \lambda) = \frac{1}{\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2} \left[ 1 + \frac{(b(t) + 2\lambda)(\dot{\omega}_m^2(t) + \dot{b}(t)\lambda)}{(\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2)^2} \right]. \quad (9)$$

Погрешность решения функции (9) для функции  $\omega_m(t)$  (2) оценивается по формуле

$$\varepsilon(\omega_m, t) = \left\{ 1 - \ddot{t} [z_2(t, \lambda)] + [b(t) + 2\lambda] \dot{t} [z_2(t, \lambda)] + \right. \\ \left. + [\omega_m^2(t) + b(t)\lambda + \lambda^2] z_2(t, \lambda) \right\} \cdot 100 \%. \quad (10)$$

Полученные погрешности по формуле (10) составляют меньше 0,5 %, что позволяет с большой точностью рассматривать нелинейный процесс после линеаризации как квазилинейный процесс.

Формула (9) определяет изменение амплитудно-частотной характеристики во времени, при  $\lambda = i\omega$ . Вычислив координатные функции выхода, запишем выражение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) нелинейной системы:

$$H(\omega, t) = \frac{1}{\omega_m^2(t) + b(\omega_m(t))i\omega - \omega^2} \left[ 1 + \frac{(b(t)\omega_m(t) + 2i\omega)(\dot{\omega}_m(t) + b(t)\dot{\omega}_m(t)i\omega)}{(\omega_m^2(t) + b(t)\omega_m(t)i\omega - \omega^2)^2} \right]. \quad (11)$$

Пиковое значение квадрата модуля АЧХ от времени  $t$  и зависимость  $H(\omega, t)$  от  $\omega$ , при  $t = 4,82$  с изображены на рис. 3. Полная поверхность функции  $H(\omega, t)$  в интервалах  $0 \leq \omega \leq 10$  и  $0 \leq t \leq 10$  представлена на рис. 4.

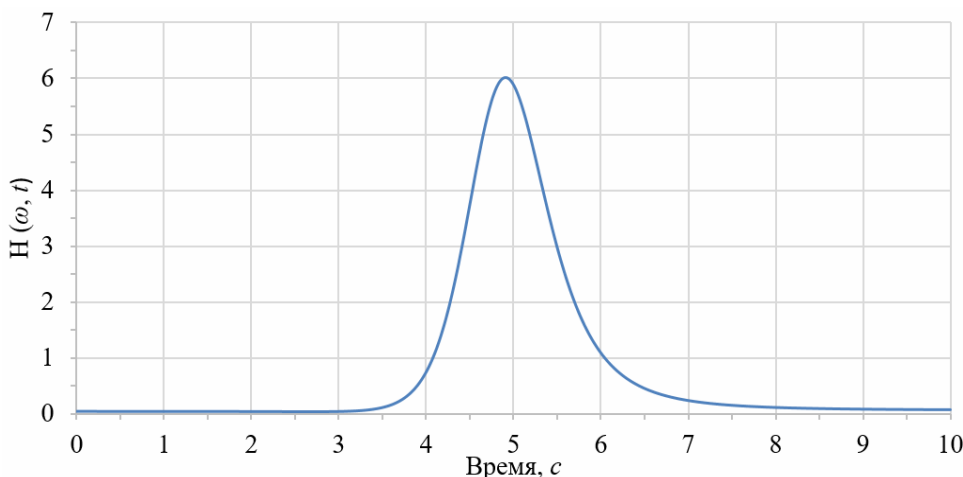


Рис. 3 (начало). График зависимости пикового значения квадрата модуля АЧХ: сверху — от времени  $t$ ; снизу — от частоты  $\omega$  при  $t = 4,82$  с

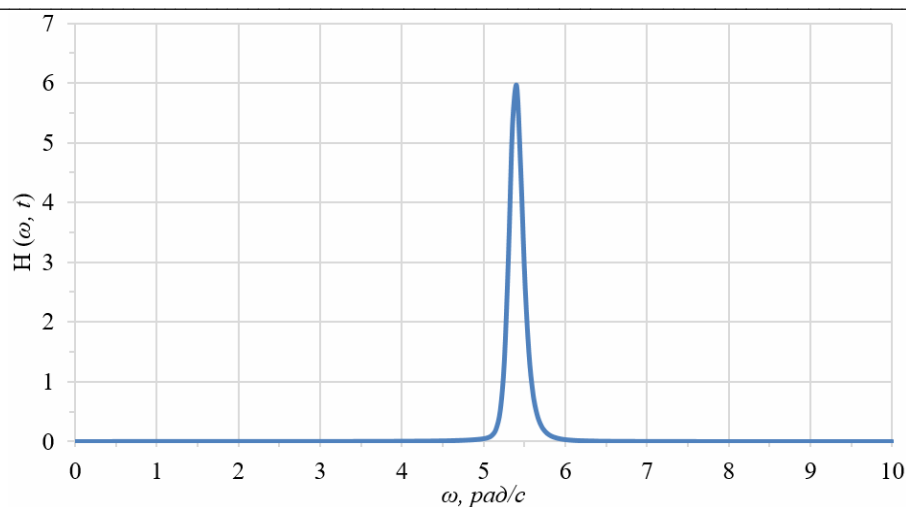


Рис. 3 (окончание). График зависимости пикового значения квадрата модуля АЧХ: сверху — от времени  $t$ ; снизу — от частоты  $\omega$  при  $t = 4,82$  с

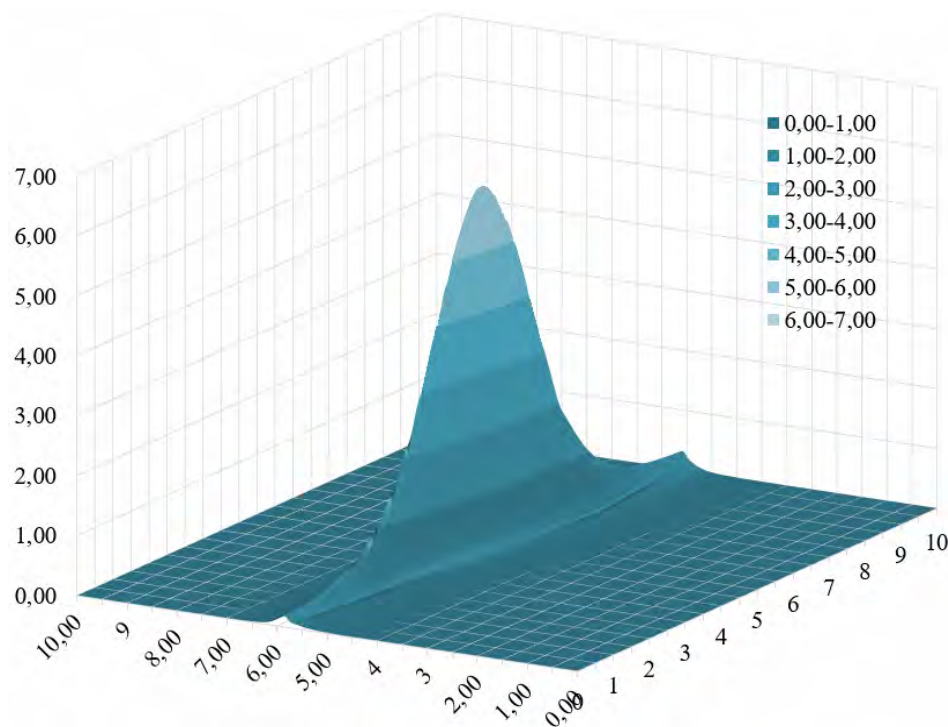


Рис. 4. Поверхность зависимости квадрата модуля АЧХ от частоты  $\omega$  и времени  $t$

Спектральная плотность выхода имеет вид (12). Зависимость спектральной плотности от времени и несущей частоты представлена на рис. 5, 6.

$$S_y(\omega, t) = D_x d_x^H(\omega) \cdot |z_2(i\omega, t)|^2 \quad (12)$$

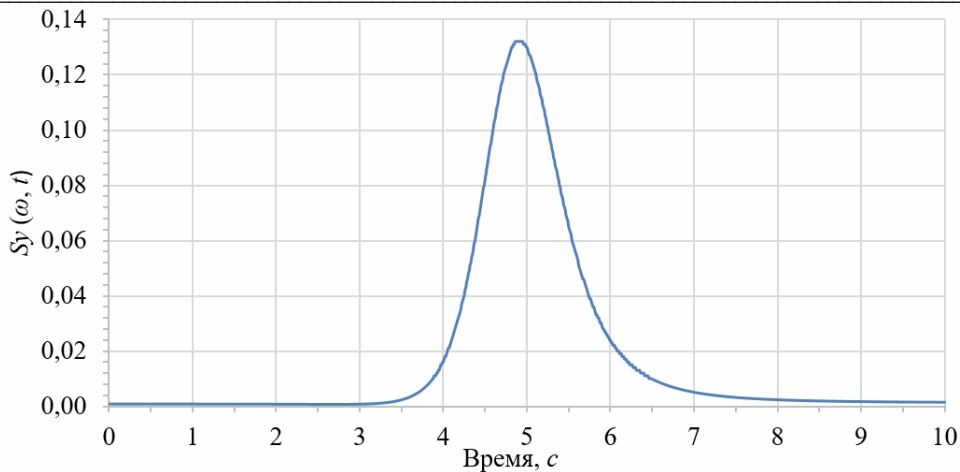


Рис. 5. График зависимости спектральной плотности от времени  $t$  для главной частоты

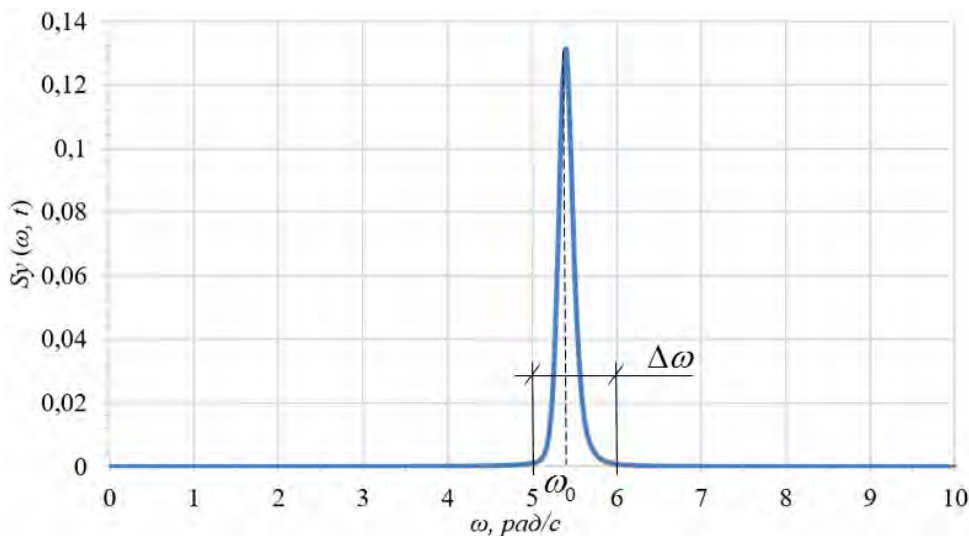


Рис. 6. График зависимости спектральной плотности от частоты  $\omega$  при  $t = 4,82$  с

Из рис. 6 видно, что выходной процесс системы является узкополосным, и основная часть энергии процесса сосредоточена около начальной частоты колебаний. Так как система обладает малым значением диссипации, то реакция системы может быть выражена через значения спектральной плотности входного процесса  $\tilde{X}(t)$ . Воздействие стационарного случайного процесса на систему в пределах полосы  $\Delta\omega$  приблизительно равно воздействию белого шума, которая равна значению спектральной плотности при резонансной частоте системы [11, 12]. Согласно [13] АЧХ и спектральная плотность выхода могут рассматриваться как мгновенные характеристики системы.

Дисперсия и коэффициент динамичности линеаризованной системы определяются по формулам (13) и (14):

$$D_y(t) = D_x \int_{-\infty}^{\infty} d_x^H(\omega) \cdot |z_2(i\omega, t)|^2 d\omega, \quad (13)$$

$$\beta(t) = [\omega_m(t)]^2 \sqrt{\frac{D_y(t)}{D_x}}, \quad (14)$$

где  $d_x^H(\omega)$  — интенсивность белого шума канонического разложения;  $D_x$  — нормативная дисперсия от сейсмического воздействия интенсивностью  $I$  баллов;  $D_y(t)$  — зависимость дисперсии перемещения верхней точки системы относительно фундамента от времени.

Среднеквадратическое отклонение вычисляется по формуле:

$$\sigma_y(t) = \sqrt{D_y(t)}. \quad (15)$$

Для модели № 2, принимая функцию снижения собственной частоты от реализации сейсмического воздействия № 10, являющейся эталонной как наиболее близкой к отказу системы, были вычислены выходные характеристики  $D_y(t)$ ,  $\sigma_y(t)$  и  $\beta(t)$ , при постоянных коэффициентах функции  $\omega_m(t)$ , равных  $a = 0,392$ ,  $b = 0,439$ ,  $c = 1,997$ .

Графики стандарта системы и коэффициента динамичности от времени представлены на рис. 7, 8.

Максимальное значение коэффициента динамичности составляет 5,147 для момента времени, равного 4,82 с.

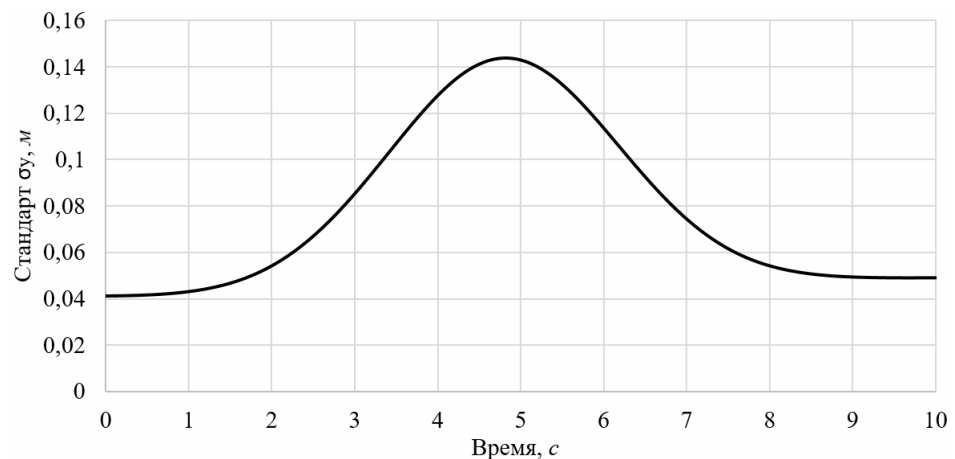


Рис. 7. Стандарт относительного перемещения системы: максимум  $\sigma_y(4,82) = 0,1439$  м

Произведем сравнение стандартов относительных перемещений, вычисленных аналитически по формулам (13), (15) и полученных при статистическом моделировании КЭ-модели, от ряда реализаций случайных сейсмических нагрузок. Анализ произведем в пяти вариантах:

- 1) рассматривается стандарт перемещений для расчетных случаев, не достигших уровня отказа (14 случаев);
- 2) рассматривается стандарт перемещений для всех расчетных случаев, исключая интервал времени после достижения отказа;
- 3) рассматривается стандарт перемещений для всех расчетных случаев, включая интервал времени после достижения отказа;
- 4) стандарт, полученный для линеаризованной системы;
- 5) вариант 2 с поправкой на  $t$ -критерий Стьюдента с доверительной вероятностью 0,95.

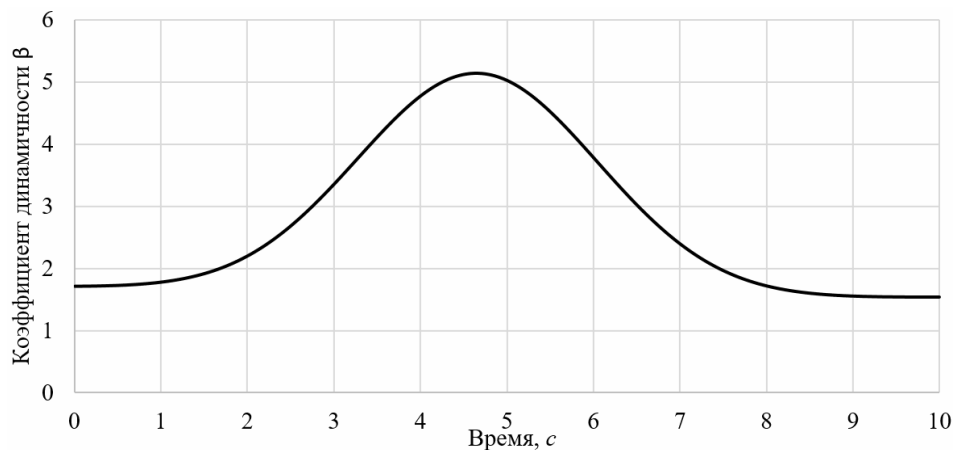


Рис. 8. Коэффициент динамичности системы: максимум  $\beta(4,82) = 5,147$

На рис. 9 представлены рассмотренные варианты.

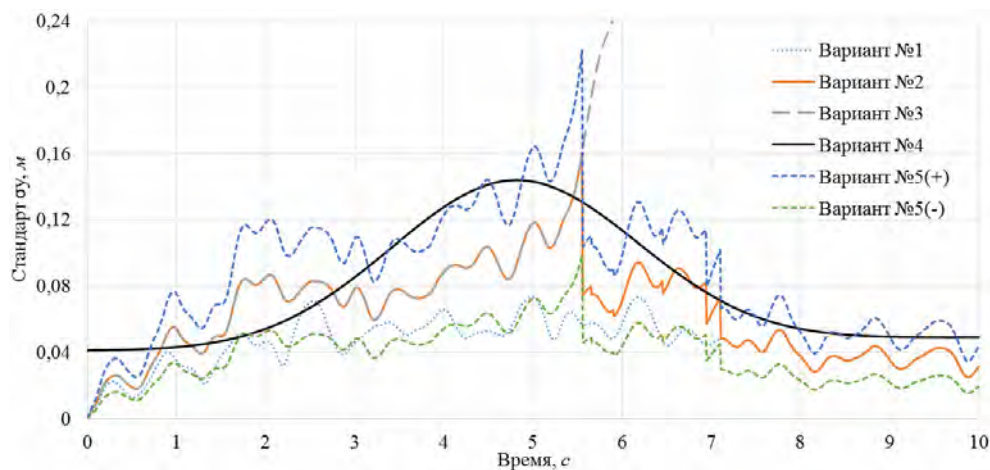


Рис. 9. Реализации стандартов относительного перемещения системы: вариант 2 — эталонный по результатам КЭ-решения задачи

Для вычисления вероятности отказа принимаем максимальное значение стандарта  $\sigma_y(4,82) = 0,143$  м полученное при аналитическом решении. Выходные характеристики системы рассчитаны на все реализации сейсмическо-

го воздействия, при которых был получен отказ систем, и те, при которых наблюдается его отсутствие, т. е. рассматриваются все расчетные случаи (варианты 2 и 3). Однако, учитывая тот факт, что после момента отказа функция изменения собственной частоты колебаний становится неопределенной, из анализа исключается интервал времени после достижения отказа системы. Соответственно стандарт перемещений, полученный при решении КЭ-задачи, рассматривается по варианту 2.

Так как при численном решении методом статистического моделирования количество испытаний равно 20, а для получения устойчивых значений дисперсии и стандарта необходимо не менее 500, была произведена оценка погрешности методом Стьюдента с доверительной вероятностью 0,95. Средняя погрешность на всем временном интервале составила 2,8 см (отклонение от варианта 2:  $\pm 1,4$  см). В зоне около пикового значения максимум составляет порядка 9,4 см (отклонение от варианта 2:  $\pm 4,7$  см). Учет пикового значения дает максимум в 12 см.

Можно сделать вывод (рис. 9) о достаточно хорошем соответствии результатов аналитического и численного моделирования при решении вероятностной задачи. При большем количестве численных экспериментов возможно достичь большей точности выходного значения стандарта относительного перемещения и более однородного графика зависимости стандарта от времени.

В заключении следует отметить, что полученные выходные характеристики линеаризованных нелинейных систем от воздействия сейсмической нагрузки при вероятностном расчете, качественно и количественно соответствуют результатам, полученным методом статистических испытаний при численном решении КЭ-моделей. Данный факт указывает на обоснованность принятой эквивалентной одномассовой модели при проведении вероятностных расчетов. Рассмотренная модель предлагается для разработки практической методики оценки надежности сейсмостойких зданий рассматриваемого типа.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чаускин А. Ю., Пшеничкина В. А. Методика расчета здания как нелинейной пространственной системы на сейсмические воздействия // VI Международный симпозиум «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений», 15—20 августа, 2016. Владивосток, 2016. С. 170—171.
2. Чаускин А. Ю., Пшеничкина В. А. Вероятностный расчет здания на максимальные расчетные землетрясения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2016. № 1—2 (15—16). С. 66—77.
3. Белостоцкий А. М., Вершинин В. В. Научно-технический отчет по теме «Разработка верификационного отчета по использованию программного комплекса Abaqus для решения задач строительного профиля»: в 4 т. М., 2013.
4. Jankowiak J., Lodygowski T. Identification of parameters of concrete damage plasticity constitutive model // Foundations of civil and environmental engineering, 2015. Vol. 6. № 1. Pp. 53—69.
5. Lee J., Fenves GL. Plastic-Damage Model for Cyclic Loading of Concrete Structures // Journal of the Engineering Mechanics Division. 1998. Vol. 124 (8). Pp. 892—900.
6. A Plastic-Damage Model for Concrete / J. Lubliner, J. Oliver, S. Oller, E. Onate // Int. J. Solids Struct. 1989. Vol. 25(3). Pp. 229—326.
7. Практический метод моделирования случайного процесса сейсмического смещения грунта / В. А. Пшеничкина, С. С. Рекунов, В. В. Дроздов, А. Ю. Чаускин // XIII Всероссийская науч.-практич. конф., посвященная 95-летию юбилею НИУ МГСУ — МИСИ «Современная строительная наука и образование, 7 апреля, 2016. М., 2016. С. 44—49.
8. Макаров Б. П. Нелинейные задачи статистической динамики машин и приборов. М.: Машиностроение, 1983. 264 с.

9. Монин А. С., Яглом А. М. Статистическая гидромеханика. Т. 2. М.: Наука, 1967. 720 с.
10. Пугачев В. С. Теория случайных функций. М.: Физматгиз, 1960. 884 с.
11. Надежность зданий как пространственных составных систем при сейсмических воздействиях / В. А. Пшеничкина, А. С. Белоусов, А. Н. Кулешова, А. А. Чураков // Успехи современного естествознания. 2010. № 12. С. 35—37.
12. Назаров Ю. П. Расчетные модели сейсмических воздействий. М.: Наука, 2012. 414 с.
13. Болотин В. В. Случайные колебания упругих систем. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 336 с.

© Чаускин А. Ю., Пшеничкина В. А., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Чаускин А. Ю., Пшеничкина В. А. Вероятностный расчет нелинейной динамической системы на сейсмическое воздействие уровня МРЗ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 82—92.

Об авторах:

**Чаускин Андрей Юрьевич** — аспирант кафедры строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, a.chauskin@gmail.com

**Пшеничкина Валерия Александровна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, rap\_hm@list.ru

**A. Yu. Chauskin, V. A. Pshenichkina**

## PROBABILITY CALCULATION OF DYNAMIC NONLINEAR SYSTEM ON SEISMIC LOAD OF MAXIMUM CREDIBLE EARTHQUAKE LEVEL

The probability calculation of a nonlinear system with stiffness properties changing due to the damage received during a seismic load was made. The amplitude-frequency response, instantaneous spectral density of the output process, dispersion and relative movement standard and dynamic coefficient were calculated.

**Key words:** nonlinear systems, seismic performance statistical theory, instantaneous natural frequency, probability calculation.

### REFERENCES

1. Chauskin A. Yu., Pshenichkina V. A. Methodology of building design as nonlinear spatial system on seismic impacts. VI *Mezhdunarodnyi simpozium «Aktual'nye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstruktii i sooruzhenii»*, 15—20 avgusta, 2016 [VI Int. Symposium “Current problems of computer modeling of buildings and structures”, 15—20 August, 2016]. Vladivostok, 2016, pp. 170—171.
2. Chauskin A. Y., Pshenichkina V. A. [Maximum calculation of a building on the credible earth quake probability]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Sea Region], 2016, no. 1—2 (15—16), pp. 66—77.
3. Belostotskii A. M., Vershinin V. V. *Nauchno-tekhnicheskii otchet po teme «Razrabotka verifikatsionnogo otcheta po ispol'zovaniyu programmnoy kompleksa Abaqus dlya resheniya zadach stroitel'nogo profilya»*: v 4 t. [Scientific and technical report on the subject “Development of the verification report on the use of Abaqus software package for the solution of tasks of the construction section”, in 4 v.]. Moscow, 2013.
4. Jankowiak J., Lodygowski T. Identification of parameters of concrete damage plasticity constitutive model. *Foundations of civil and environmental engineering*, 2015, 6(1), pp. 53—69.

5. Lee J., Fenves GL. Plastic-Damage Model for Cyclic Loading of Concrete Structures. *Journal of the Engineering Mechanics Division*, 1998, 124(8), pp. 892—900.
6. Lubliner J., Oliver J., Oller S., Onate E. A Plastic-Damage Model for Concrete. *Int. J. Solids Struct.*, 1989, 25(3), pp. 229—326.
7. Pshenichkina V. A., Rekunov S. S., Drozdov V. V., Chauskin A. Yu. [Practical method of modeling of random process of soil seismic shift]. *XIII Vserossiiskaya nauch.-praktich. konf., posvyashchennaya 95-letnemu yubileyu NIU MGSU — MISI «Sovremennaya stroitel'naya nauka i obrazovanie, 7 aprelya, 2016* [XIII All-Russian Sc.-Pr. Conf. devoted to the 95<sup>th</sup> anniversary of MSUCE “Modern construction science and education”, April 7, 2016]. Moscow, 2016. Pp. 44—49.
8. Makarov B. P. *Nelineinye zadachi statisticheskoi dinamiki mashin i priborov* [Nonlinear tasks of statistical dynamics of machines and apparatus]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1983. 264 p.
9. Monin A. S., Yaglom A. M. *Statisticheskaya gidromekhanika. T. 2* [Statistical hydromechanics. Vol. 2]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 720 p.
10. Pugachev V. S. *Teoriya sluchainykh funktsii* [Theory of random functions]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1960. 884 p.
11. Pshenichkina V. A., Belousov A. S., Kuleshova A. N., Churakov A. A. [Reliability of buildings as spatial compound systems under seismic load]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Achievements of modern science], 2010, no. 12, pp. 35—37.
12. Nazarov Yu. P. *Raschetnye modeli seismicheskikh vozdeistvii* [Settlement models of seismic impacts]. Moscow, Nauka Publ., 2012. 414 p.
13. Bolotin V. V. *Sluchainye kolebaniya uprugikh sistem* [Random fluctuations of elastic systems]. Moscow, Nauka Publ., Chief editorial board of physical and mathematical literature, 1979. 336 p.

*For citation:*

Chauskin A. Yu., Pshenichkina V. A. [Probability calculation of dynamic nonlinear system on seismic load of maximum credible earthquake level]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 82—92.

*About authors:*

**Chauskin Andrei Yur'evich** — Postgraduate student of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, a.chauskin@gmail.com

**Pshenichkina Valeriya Aleksandrovna** — Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Engineering Structures, Foundations and Safety of Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, rap\_hm@list.ru



УДК 502.17 + 504.03

**М. А. Шубин, О. В. Юшин**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОПОЛЗНЕВОЙ ЗОНЕ Г. ВОЛГОГРАДА**

Исследуется состояние наиболее опасных участков оползневых зон в границах г. Волгограда. Приведена краткая характеристика геологического строения склонов и причины, вызвавшие оползневые процессы каждого участка. Озвучен ряд путей по борьбе с обвалами, а также проработан комплекс мероприятий по укреплению склонов оврагов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** оползневые процессы, эрозия, трещина, овраг, деформация склонов.

Важное значение для перспектив развития любого города имеют изменения геологической среды: рельефа, пород, подземных вод и геологических процессов, поскольку именно они определяют условия строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Оценка этих изменений является весьма сложной задачей, однако она совершенно необходима как важнейшая составная часть в комплексном геоэкологическом прогнозировании.

Территория Волгоградской агломерации весьма характерна для проведения подобных оценок. Во-первых, она находится на стыке различных инженерно-геологических регионов (Приволжского поднятия и Прикаспийской синеклизы) и климатических зон (степей и полупустынь), что позволяет охарактеризовать влияние городской застройки на геосреду в различных регионально-геологических и зонально-климатических условиях. Во-вторых, Волгоград является крупным городом по площади (350 км<sup>2</sup>) и количеству населения (свыше 1 млн человек). Для него характерно большое разнообразие видов строительства (промышленно-гражданское, гидротехническое, транспортное, коммунальное и т. д.) и функционального профиля (административный, производственный, транспортный, научный и пр.). Это влияет на значительные размеры и интенсивность изменений всех компонентов геологической среды, в первую очередь, эрозионно-оползневых процессов.

Развитие деформаций склонов на каждом участке обусловлено различными условиями, образующими в совокупности среду, в которой возникают процессы определенного, соответствующего данным условиям типа оползней.

Основными из этих условий являются климат, рельеф (геоморфологические особенности), геологическое строение и физико-механические свойства пород, условия обводнения пород, а также (для береговой полосы) положение хвалыньских глин относительно уреза р. Волги [1].

В климатическом отношении территория Волгограда находится в засушливой зоне с резко континентальным климатом, жарким продолжительным летом и холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха +7 °С; средняя температура января –10 °С, июля +23 °С. Среднее годовое количество осадков составляет 330...400 мм, большая часть которых носит ливневый характер и приходится на теплый период года. Высота снежного покрова в

среднем составляет 24 см. В холодный период года преобладают ветры юго-восточного направления, в теплый — западного.

Геоморфологические условия связаны с развитием рельефообразующих процессов, возникновением различных искусственных форм в зоне застройки при развитии г. Волгограда. В результате вертикальной планировки и транспортного строительства происходит срезка возвышений, уполаживание и террасирование склонов, создаются земляные и песчаные дамбы, дорожные насыпи и выемки. Вследствие накопления отходов промышленности и строительства создаются мощные отвалы шлаков, земли и строительного мусора.

Значительно изменен рельеф прибрежной полосы, прилегающей к р. Волге. Здесь свыше 100 лет назад на отдельных участках берегового склона была сооружена искусственная насыпь под полотно железной дороги. Однако особенно интенсивное изменение рельефа берегового склона началось в 1971 году в связи с развертыванием широкого комплекса берегоукрепительных и противооползневых работ. Эти работы, сопровождающиеся намывом песка, устройством искусственных террас, планированием откосов и дренажными мероприятиями, резко изменили характер развития эрозионных и оползневых процессов в прибрежной части города, в целом оказав благоприятное воздействие на инженерно-геологические условия указанной территории.

Геологическое строение склонов играет важнейшую роль в развитии процессов оползневых деформаций. Наличие глинистых пород, инженерно-геологические условия их залегания, состояние и свойства определяют различия в механизме деформаций речных и овражных склонов. Особо следует отметить хвалынские отложения — песчано-глинистые породы (шоколадные глины), мощность которых достигает 20 м. Глины характеризуют очень низкая плотность, большая влажность и пористость, мягкопластичная и текучая консистенция, слабые прочностные показатели [2, 3, 4]. Это определяет крайнюю неустойчивость хвалынских глин в склонах и искусственных откосах и их сильную подверженность оползневым деформациям.

Важную роль в формировании оползней по берегу р. Волги играют условия залегания подошвы хвалынских глин относительно базиса эрозии. Процент пораженности склона оползнями при постоянной подрезке хвалынских глин, т.е. при положении подошвы ниже меженного уреза р. Волги, достигает 75 %; при периодической подрезке, т.е. при положении подошвы между меженными и паводковыми урезами р. Волги — 66 %; при отсутствии ее, т.е. при положении подошвы хвалынских глин выше паводкового уреза р. Волги — 8,5 % [5].

Гидрогеологические условия на территории г. Волгограда претерпели существенные изменения, что выразилось, прежде всего, в значительном повышении уровня подземных вод, включая и те участки, где ранее они залегали на достаточно большой глубине [6—11]. Условия обводнения пород и режим подземных вод оказывают значительное влияние на механизм и динамику оползневых процессов. Водоносный горизонт в хвалынских глинах на отдельных участках отсутствует, однако смещаться могут и необводненные глины при условии смачивания их контакта с подстилающими породами.

Оползневые процессы в г. Волгограде широко распространены в прибрежной полосе и в бортах крупных оврагов. Наиболее активными в образовании оползней являются хвалынские шоколадные глины.

Возникающие деформации склонов частично или полностью вызваны деятельностью человека. Отрицательное влияние строительства часто приводит к подрезкам и нагрузкам склонов, вызывая изменение их напряженного состояния; обводнению грунтов скапливающимися в котлованах и траншеях атмосферными осадками, что снижает прочность пород; изменению гидрологического режима поверхностных водотоков в связи с возведением гидротехнических сооружений.

В связи с уничтожением ценных земель, разрушением крупных сооружений, необходимостью проведения дорогостоящих защитных мероприятий, эрозионно-оползневые процессы, развивающиеся на территории Волгограда, наносят ощутимый ущерб народному хозяйству района. Это определяет необходимость их тщательного изучения на базе геоинформационной системы мониторинга [1, 12], разработки прогнозов развития и обоснования мер по борьбе с неблагоприятными последствиями этих процессов в общем комплексе мероприятий по охране окружающей среды.

Одним из наиболее опасных является участок склона от р. Царицы до оврага Ельшанского. Участок занимает часть правого берега р. Волги в пределах Ворошиловского района города. Общая протяженность участка 3,6 км. В 1971 г. в районе Иркутского оврага, когда в результате неправильной технологии ведения берегоукрепительных работ был вскрыт хазарский водоносный горизонт, произошло выплывание хазарских песков, что привело к значительной оползневой деформации склона (оползень № 6). Оползневые подвижки происходили здесь и в прежние годы. В 1938 г. в районе консервного завода произошел оползень, разрушивший 20 индивидуальных жилых домов. В 1941 г. оползнем была деформирована часть железнодорожной ветки и подкрановый путь вместе с краном. В 1954 г. в районе станции Волгоград-порт и ул. Огарева произошел оползень, имевший размеры вдоль берега р. Волги до 320 м. В настоящее время развивается крупный оползень между станцией Волгоград-порт и клубом ДОСААФ, а также на участке подъездных железнодорожных путей к Волгоградскому порту (оползни №№ 2, 3, 6).

Оползневыми деформациями разрушается большое количество жилых домов, частично было деформировано здание станции Волгоград-порт, железнодорожная линия к речному порту и другие сооружения.

Оползень № 6 на Волжском склоне у Иркутского оврага привел к катастрофическому смещению около 0,5 млн м<sup>3</sup> грунта, из которых пятая часть была вынесена в Волгу на расстояние 135 м [13]. Активизация оползня происходила практически ежегодно в течение всего теплого периода года путем образования трещин в 2...5 м от бровки склона на террасе длиной до 100 м. По трещинам происходило смещение пород, которое характеризовалось медленным оседанием оторвавшихся блоков пород по вертикали с одновременным движением их по горизонтали.

Ширина активизировавшейся части обычно составляет 50...100 м, длина до 30 м, высота оползневого уступа 3,0 м. Оползневыми смещениями захвачены делювиальные суглинки и хвалынские глины.

В результате оползневых подвижек была разрушена и перенесена железная дорога, ведущая к станции Волгоградпорт.

Обследование оползня в 2007—2008 гг. показало, что оползневые деформации на склоне и террасе не стабилизировались и продолжают угрожать

железнодорожной дороге, ведущей к Речному порту. В 2008 г. при обследовании была отмечена заметная активизация оползня. На участке проводились работы по укреплению железнодорожного полотна (рис. 1).



Рис. 1. Оползневые деформации около железной дороги Речного порта

По характеру смещения этот оползень можно отнести к оползням выдавливания. Смещение обусловлено вязко-пластическими деформациями в ослабленной зоне хвалыньских глин, скорость которых возросла в результате интенсивного увлажнения склона. Базисом оползня является р. Волга.

Оползневые деформации привели к остановке работы Речного порта и его ликвидации на данном участке в 2015—2016 гг. Для дальнейшего использования этой территории необходимо срочное проведение противооползневых и берегоукрепительных мероприятий. Разумеется, следует продолжить здесь мониторинговые инструментальные наблюдения за состоянием склонов.

Другой наиболее опасной территорией является участок склона от оврага Купоросного до оврага Букатинского. Участок расположен на правом берегу р. Волги в пределах Советского и Кировского районов города, общая протяженность его 3,9 км. Характерной особенностью участка является то, что здесь р. Волга меняет направление своего русла к югу, а хвалыньская терраса расширяется до 600 м и более.

Сведения об оползнях на данном участке имеются с 20-х гг. XX в, но наиболее значительные оползни произошли в 1941, 1966 гг. и последующие годы. Наиболее крупные оползневые деформации наблюдаются на этом участке постоянно (оползень № 17). Деформации происходят с появлением трещин в 3...8 м от бровки склона длиной 45,0 м и шириной раскрытия 1...5 см. По трещинам происходит отрыв террасы с одновременной просадкой грунта. Ширина активизировавшейся части составляет обычно 45,0 м, длина активизировавшейся части — 30,0 м.

Стенка срыва достигает 12,0 м (рис. 2). Просевшие блоки террасы запрокинуты в обратную сторону движения оползня и разбиты системой трещин различной ориентировки (рис. 3).



Рис. 2. Стенка срыва оползня



Рис. 3. Оползневые блоки

Причиной ежегодной активизации оползня является интенсивная подрезка склона водотоком, протекающим по дну оврага, а также увлажнение склона атмосферными осадками. По механизму данное смещение можно отнести к оползням выдавливания.

Обследование в 2007 г. показало, что оползень № 17 является одним из наиболее крупных и активных на территории Волгограда. В 2008 г. при обследовании и проведении инструментальных наблюдений была отмечена активизация оползня. В 2015—2016 гг. здесь произошли новые деформации с захватом бровки склона по трещинам, проседание и горизонтальное перемещение ранее сместившихся блоков пород.

На участке длиной около 400...500 м севернее оврага Букатинского проведены берегоукрепительные и противооползневые работы, которые продолжают от оврага Б. Купоросного на юг на расстояние около 800 м (рис. 4).



Рис. 4. Противооползневые мероприятия на Букатинском овраге

Конструкции защитных сооружений показали их высокую техническую эффективность [14]. Однако экономически эти схемы укрепления очень дороги, для уменьшения стоимости работ можно рекомендовать укрепление склонов из гибких методов защиты (рис. 5, 6).

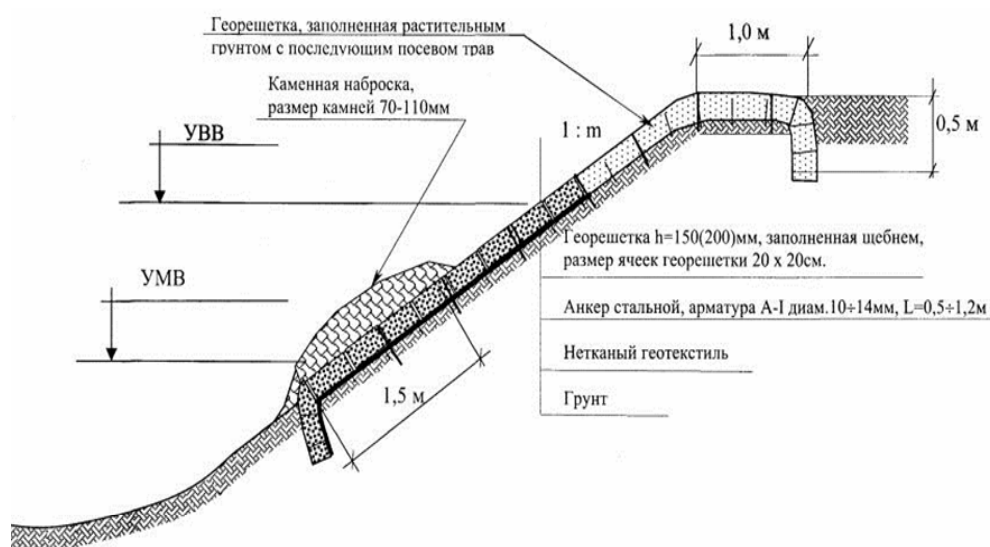


Рис. 5. Схема укрепления склона георешеткой

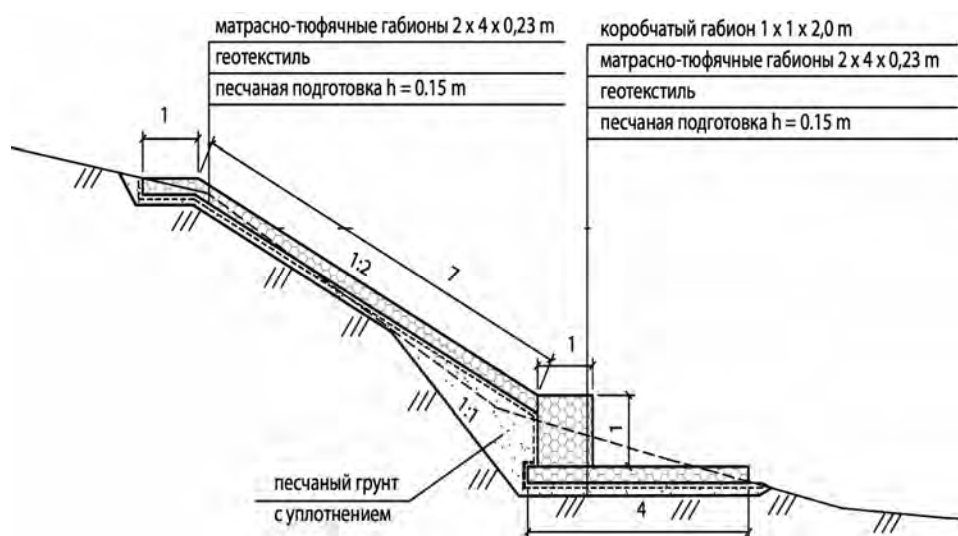


Рис. 6. Схема укрепления склона габионами

На значительной территории прибрежной полосы г. Волгограда возможно возникновение новых крупных оползневых деформаций в любое время, что определяет необходимость проведения здесь берегоукрепительных и противооползневых работ.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шубин М. А. Литомониторинг: теоретические и прикладные аспекты. Волгоград: Принт, 2005. 275 с.
2. Арбузова С. К. Влияние текстурно-структурных особенностей хвалыньских глин Волгограда на их физические и химические характеристики // Изыскания, проектирование и строительство в сложных инженерно-геологических условиях Волгограда. Волгоград, 1966. С. 195—200.
3. Егоров С. Н. Физико-механические свойства хвалыньских шоколадных глин территории Волгограда // Материалы к совещанию по оползням Волгограда. М.: ВСЕГИНГЕО, 1963. С. 57—66.
4. Тер-Степанян Г. И. Новые методы изучения оползней. Ереван, 1978. 152 с.
5. Шубин М. А. Охрана природы — наш долг. Проблемы защиты геосреды Нижнего Поволжья. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1986. 142 с.
6. Синяков В. Н., Шубин М. А. Изучение и прогноз изменения гидрогеологических условий застроенных и осваиваемых территорий Нижнего Поволжья // Инженерно-строительные изыскания. М.: Стройиздат, 1979. № 1. С. 23—27.
7. Шубин М. А. Деформации берегового склона р. Волги в связи с процессом подтопления г. Волгограда // Проблемы прогнозирования повышения уровня грунтовых вод на застроенных территориях. Белгород, 1972.
8. Шубин М. А. Воздействие инженерных мероприятий на подземные воды в Нижнем Поволжье // Воздействие хозяйственной деятельности на геосреду Нижнего Поволжья: труды межрегиональной конференции. Волгоград, 1984.
9. Шубин М. А. Декомпозиция и синтез геосистем для оценки и прогнозирования изменений геологической среды // Инженерная геология. 1985. № 3. С. 124—129.
10. Шубин М. А. Оценка изменений геологической среды Волгограда // Современные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии городов и городских агломераций: труды Всесоюзного совещания. М.: Наука, 1987.
11. Шубин М. А., Шубин А. М. Исследование процесса подтопления застроенных территорий и разработка защитных мероприятий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2010. Вып. 17 (36). С. 142—147.
12. Шубин М. А. Геоинформационные технологии мониторинга инженерно-геологических процессов // Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем: тр. Международной науч. конф. М.: МГУ, 2007. С. 41—43.
13. Самусь Н. А. К вопросу о природе оползней у Иркутского оврага // Вопросы инженерной геологии, проектирования и строительства оснований и фундаментов в Нижнем Поволжье. Волгоград, 1973. С. 122—128.
14. Шубин М. А., Юшин О. В. Исследование функционирования берегоукрепительных сооружений в Волгоградском регионе // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 1. С. 130—138.

© Шубин М. А., Юшин О. В., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Шубин М. А., Юшин О. В. Геоэкологическое обоснование защитных мероприятий в оползневой зоне г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 93—101.

Об авторах:

**Шубин Михаил Алексеевич** — д-р геол.-минерал. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, [m-shubin@yandex.ru](mailto:m-shubin@yandex.ru)

**Юшин Олег Вячеславович** — аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, [yushin035@yandex.ru](mailto:yushin035@yandex.ru)

**M. A. Shubin, O. V. Yushin**

## **GEO-ECOLOGICAL BASIS FOR PROTECTION MEASURES IN LANDSLIDE ZONE IN VOLGOGRAD**

The authors analyze the condition of the most dangerous landslide areas within the boundaries of the city of Volgograd. Brief description of the geological structure of slopes and the reasons which cause landslides at each side are provided. Ways to prevent avalanches are offered. Complex of measures for strengthening of ravine slopes is developed.

**Key words:** landslide processes, erosion, crack, wave, ravine, deformation of slopes.

### **REFERENCES**

1. Shubin M. A. *Litomonitoring: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Lithomonitoring: theoretical and applied aspects]. Volgograd, Print Publ., 2005. 276 p.
2. Arbuzova S. K. [Influence of textural and structural peculiarities of Khvalynsk clays in Volgograd on their physical and chemical properties]. *Izyskaniya, projektirovanie i stroitel'stvo v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh Volgograda* [Researches, design and construction under severe engineering and geological conditions of Volgograd]. Volgograd, 1966. Pp. 195—200.
3. Egorov S. N. [Physical and mechanical properties of Khvalynsk chocolate clays on the territory of Volgograd]. *Materialy k soveshchaniyu po opolznyam Volgograda* [Proc. for the meeting on landslides in Volgograd]. Moscow, VSEGINGEO Publ., 1963. Pp. 57—66.
4. Ter-Stepanyan G. I. *Novye metody izucheniya opolznei* [New methods of landslide study]. Erevan, 1978. 152 p.
5. Shubin M. A. *Okhrana prirody — nash dolg. Problemy zashchity geosredy Nizhnego Povolzh'ya* [Nature conservation is our duty. Problems of geological environment protection in the Lower Volga Region]. Volgograd, Lower Volga Publishing House, 1986. 142 p.
6. Sinyakov V. N., Shubin M. A. [Analysis and forecast of the change in hydrogeological conditions on built-up territories and those under development in the Lower Volga Region]. *Inzhenerno-stroitel'nye izyskaniya* [Engineer construction researches]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1979, no. 1, pp. 23—27.
7. Shubin M. A. [Strains of the insular slope of the Volga River caused by minor flooding in Volgograd]. *Problemy prognozirovaniya povysheniya urovnya gruntovykh vod na zastroennykh territoriyakh* [Problems of forecasting of increase in the level of ground waters on built-up territories]. Belgorod, 1972.
8. Shubin M. A. [The impact of engineering activity on underground waters in the Lower Volga Region]. *Vozdeistvie khozyaistvennoi deyatel'nosti na geosredu Nizhnego Povolzh'ya: trudy mezhrigional'noi konferentsii* [Impact of the economic activity on the geological environment in the Lower Volga Region. Proc. of the interregional conference]. Volgograd, 1984.
9. Shubin M. A. [Decomposition and synthesis of geological systems for assessment and forecasting of changes in the geological environment]. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering geology], 1985, no. 3, pp. 124—129.
10. Shubin M. A. [Assessment of changes in the geological environment of Volgograd]. *Sovremennye problemy inzhenernoi geologii i gidrogeologii gorodov i gorodskikh aglomeratsii: trudy Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Current problems of engineering geology and hydrogeology of cities and urban agglomerations. Proc. of the All-Union meeting]. Moscow, Nauka Publ., 1987.
11. Shubin M. A., Shubin A. M. [Research of ground water rising in urban territories and development of protective measures]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2010, no. 17 (36), pp. 142—147.
12. Shubin M. A. [Geo-informational technologies of monitoring of engineering and geological processes]. *Monitoring geologicheskikh, litotekhnicheskikh i ekologo-geologicheskikh system: tr. Mezhdunarodnoi nauch. konf.* [Monitoring of geological, lithotechnical and ecological and geological systems. Proc. of Int. Conf.]. Moscow, MSU Publ., 2007. Pp. 41—43.
13. Samus' N. A. [Towards the issue of the nature of landslides at Irkutsk ravine]. *Voprosy inzhenernoi geologii, projektirovaniya i stroitel'stva osnovanii i fundamentov v Nizhnem Povolzh'e* [Issues of engineering geology, design and construction of bases and foundations in the Lower Volga Region]. Volgograd, 1973. Pp. 122—128.



14. Shubin M. A., Yushin O. V. [Investigation of functioning of bank protecting structures in the Volgograd region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 44(63), p. 1, pp. 130—138.

*For citation:*

Shubin M. A., Yushin O. V. [Geo-ecological basis for protection measures in landslide zone in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 93—101.

*About authors:*

**Shubin Mikhail Alekseevich** — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [m-shubin@yandex.ru](mailto:m-shubin@yandex.ru)

**Yushin Oleg Vyacheslavovich** — Postgraduate student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [yushin035@yandex.ru](mailto:yushin035@yandex.ru)

УДК 502.17 + 504.03

**М. А. Шубин, О. В. Юшин**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПОСЛЕДСТВИЯ НАРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Исследуется состояние берегоукрепительных сооружений в границах Волгоградского водохранилища и реки Волги. Рассматриваются технологические нарушения при строительстве сооружений, ведущие к их разрушению, и предлагаются индивидуальные варианты реконструкции укреплений. Разработаны схемы для каждого рекомендуемого типа укрепления береговых откосов. Материалы для анализа получены на базе геоинформационной системы (ГИС) мониторинга переработки берегов Волгоградского водохранилища и оползневых процессов г. Волгограда, которая является основой разработки комплекса противооползневых и берегоукрепительных мероприятий для защиты сооружений и территорий от разрушения. Рекомендации по применению эффективных технологий строительства берегоукрепительных сооружений основаны на использовании современных отечественных и зарубежных литературных источников.

**Ключевые слова:** берегоукрепительные сооружения, переработка, волновое воздействие, мониторинг, деформация, реконструкция.

Проблемам, связанным с защитой берегов водохранилищ и рек от волнового воздействия, течений и колебаний уровня, уделяется серьезное внимание. Процесс формирования берегов весьма активен и наносит значительный ущерб народному хозяйству [1, 2]. В опасной зоне находятся все без исключения прибрежные населенные пункты. В условиях колебаний уровня рек возникает проблема защиты берегов, для решения которой возводятся специальные сооружения различных типов и конструкций.

Строительство и эксплуатация берегозащитных сооружений сопряжены с детальным изучением абразионных и эрозионно-оползневых процессов в береговой зоне, основанном на базе концепции литомониторинга [3, 4, 5]. Исследования переработки берегов Волгоградского водохранилища, рек Волги и Ахтубы позволили выполнить анализ факторов и динамики развития процессов [6—9]. Такой анализ потребовал обработки значительного объема статистической и картографической информации, которая была бы невозможна без современных информационных технологий [10]. Важно отметить, что применение ГИС-технологии литомониторинга позволило не только хранить и визуализировать данные наблюдений, но и устанавливать связи между факторами и процессами, выявлять закономерности и тенденции их развития, давать прогнозные оценки и принимать управляющие решения по строительству защитных сооружений.

К сожалению, возникают случаи, когда из-за неправильного выбора типа укреплений при проектировании, нарушения технологического процесса при монтаже, а также нерегулярного обслуживания происходит полное или частичное разрушение берегоукрепительных конструкций. В таких случаях подмыв береговой полосы и другие процессы переработки начинаются снова, а защитные сооружения нуждаются в срочном ремонте, который зачастую требует больших финансовых вложений.

Так, в ходе обследования берегов Волгоградского водохранилища и р. Волги выявлен ряд прибрежных участков с разрушениями берегоукрепительных конструкций, определенно вызванных несоблюдением технологических процессов при строительстве.

**Участок 1.** Расположен в границах садового товарищества «Строитель» поселка ГЭС г. Волгограда (рис. 1). Данная конструкция укрепления защищает берег и предотвращает размыв садовых участков, расположенных вблизи уреза воды с капитальными строениями, а также разрушение насосной станции, которая обеспечивает поливочной водой весь дачный массив.



Рис. 1. Разрушенное берегоукрепление у ТОС «Строитель»

Берегоукрепительные мероприятия выполнены здесь из бетонных плит, усиленных арматурой и установленных на щебеночной подушке. Такая конструкция слабо противостоит волновым динамическим нагрузкам, вследствие которых произошел подмыв ее основания, который привел к частичному вымыванию щебеночной подушки и деформации бетонных плит. Плохая гидроизоляция швов способствовала разрыванию конструкции изнутри в морозное время. Растущие между плитами деревья и кустарники своей корневой системой нарушают плотность конструкции, что также негативно сказывается на берегоукрепительных конструкциях. Усугубляет ситуацию торчащая арматура, которая представляет высокую степень травматизма для дачников и особенно купающихся детей.

При сложившихся обстоятельствах существует несколько вариантов укрепления данного склона: ремонт уже имеющейся конструкции или демонтаж плит с последующим применением современного метода гибкой защиты. При ремонте уже имеющихся конструкций рекомендуется заменить щебеночную подушку на бетонную с последующей установкой новых плит. В подводной части склона плиты требуется укладывать внахлест [11, 12, 13, с. 4—6, 129—190]. По завершению работ необходимо произвести заделку швов

и последующую их гидроизоляцию. Такой метод потребует больших финансовых затрат, а срок ремонта может затянуться на долгое время в связи с большим объемом работ [14,15,16]. Наиболее рациональное решение для данного случая — демонтаж старой берегоукрепительной конструкции и укрепление склона гибкими конструкциями защиты. Исходя из крутизны склона и его роли, для защиты вполне подойдет георешетка или геомат, однако наиболее эффективным способом является устройство габионов [17—20]. Современная технология строительства таких конструкций позволит предотвратить воздействие абразионных процессов и сохранить естественный природный ландшафт участка. Они не нуждаются в ежегодном обслуживании, а устройство их обойдется городскому бюджету на 30 % дешевле, чем укрепление склона из плит.

**Участок 2.** Находится на левом берегу Волгоградского водохранилища в селе Кислово Быковского района. Участок расположен на ровной, почти горизонтальной поверхности хвалынской террасы, имеющей небольшой общий наклон (не более  $3^\circ$ ) в сторону водохранилища. Береговой уступ водохранилища обрывистый, почти отвесный, имеющий небольшое понижение к центральной части села. Высота берегового уступа составляет 8,3 м на севере села, 3,2 м — в центральной части и 4-5 м — в его южной части. Скорость переработки берега на некоторых участках достигала 4,2 м в год. Несколько лет назад была предпринята попытка укрепления берегового склона в центральной части села, где были проведены подготовительные земляные работы и уложены бетонные плиты на грунт (рис. 2).



Рис. 2. Попытка укрепления берега в с. Кислово

Защита берега велась с нарушениями технологии строительства. Недостаточное уплотнение грунта, отсутствие какой-либо фундаментной подушки привело к подмыву грунта под плитами и дальнейшей их деформации. От-

сутствие работ по укреплению склона в подводной части берега лишь ускорило размыв и усугубило последствия. Выполненные мероприятия оказались неэффективными, берег продолжает активно размываться и тенденция к затуханию процесса здесь не наблюдается.

Наиболее рационально было бы использовать здесь технологию укрепления габионами (рис. 3) или геотекстилем, а отсутствие значительного давления на грунт от капитальных сооружений позволяет использовать здесь цементогрунт. Также возможно комбинировать эти методы исходя из условий строения берега. Такие способы закрепления берега позволили бы существенно сократить расходы на берегоукрепительные мероприятия, облегчить монтажные работы и исключить дальнейший дорогостоящий ремонт.

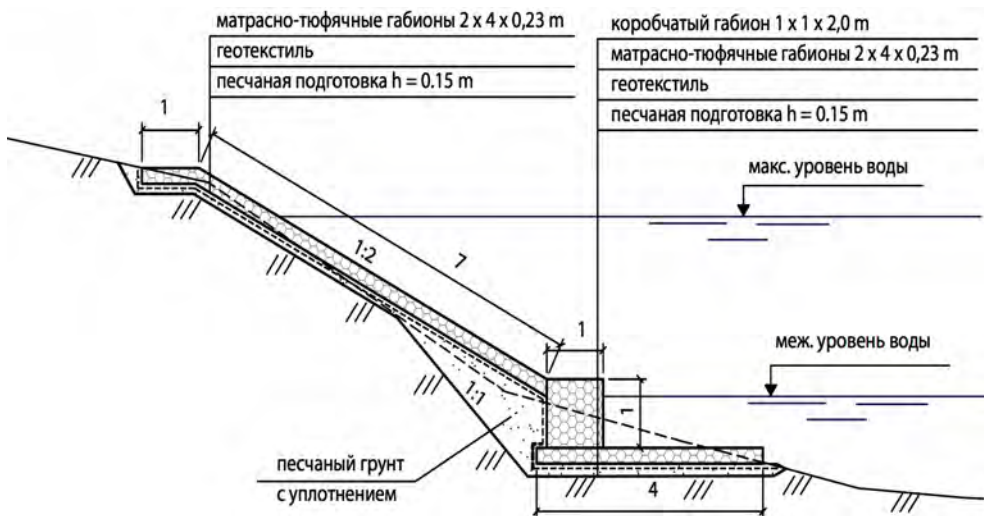


Рис. 3. Альтернативный вариант укрепления склонов габионами. Участки 1, 2

**Участок 3.** Берегоукрепительные сооружения в городе Дубовка, построенные в 2014 г., зарекомендовали себя с положительной стороны. Процесс переработки берега удалось полностью остановить, и тем самым предотвратить разрушение целой улицы с жилыми домами и приусадебными участками, которая ранее находилась под угрозой. Данная укрепительная конструкция протягивается вдоль берега на полтора километра и представляет собой бетонные блоки, уложенные в несколько ярусов на щебеночную подушку. Устойчивость берегового склона обеспечивается уположением контрбанкета из песка и наброса тетраэдров в подводной части берега. К сожалению, в ходе обследования укрепительного сооружения был замечен участок, где из-за недостаточного уплотнения грунта, а также подмыва щебеночной подушки водой произошло проседание бетонных блоков (рис. 4). На данный момент этот дефект не критичен и не является аварийным, но потребует дальнейшего наблюдения и возможного ремонта. Тем не менее для увеличения срока службы данных защитных конструкций следует заменить щебеночную подушку на бетонную, произвести соединение бетонных блоков цементным раствором с полной гидроизоляцией всех стыков и организовать периодическую подсыпку тетраэдров взамен утраченных (рис. 5).





Рис. 4. Деформация укрепительных сооружений в Дубовке

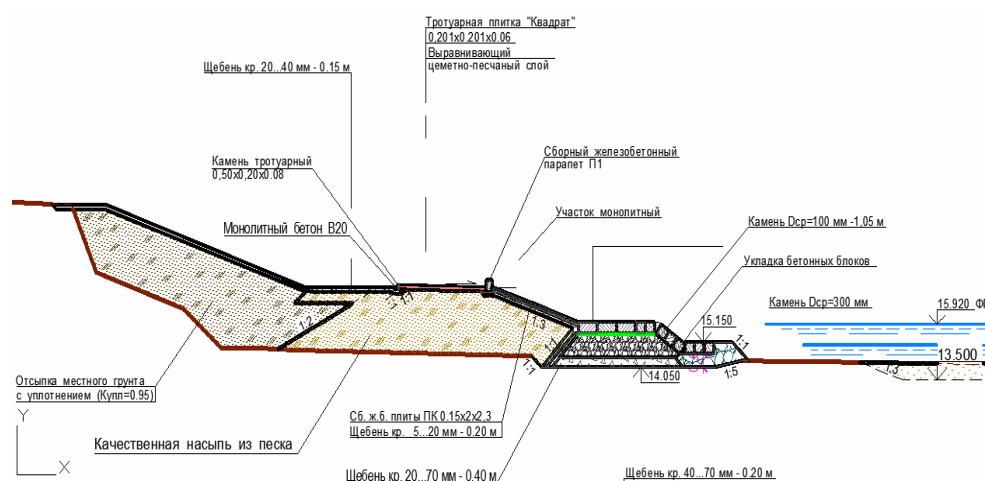


Рис. 5. Схема реконструкции берегоукрепления на участке Дубовка

**Участок 4.** Развернут в Кировском районе города Волгограда в районе ВОО «Химпром». На данном участке Волга делает поворот, поэтому укрепительные сооружения здесь выполняют особенно важную роль и предохраняют берег от сильных волновых воздействий, а также защищают береговую зону промышленного предприятия. Берегоукрепительная конструкция представляет собой короткий участок прибрежной полосы, закрепленный бетонными плитами, соединенными между собой, а также установленный сверху волноотбойный банкет, одновременно выполняющий роль ограждения. Такой метод укрепления наиболее распространен в Волгоградском регионе и схож по своей конструкции с берегоукреплением в Светлоярском районе и набережной им. Высоцкого в Кировском районе. Следует отметить, что на химзаводе долгое время не проводились работы по обслуживанию защитных конструкций. Об

этом свидетельствует большое количество кустарников и малорослых деревьев, которые растут между плитами и нарушают плотность укрепления. У нижнего примыкания сооружения к воде заметны промоины, которые со временем станут больше и приведут к разрушению плит. Особое внимание следует уделить нескольким участкам, где из-за осадка грунта и его размыва произошло частичное обрушение обшивки укрепления, а также ограждающего банкета (рис. 6). Нарушение целостности конструкции будет способствовать дальнейшему ее разрушению, особенно в дождливый период и при таянии снега. Кроме этого, одной из основных причин, вызвавших разрушение строительных конструкций, является коррозия металлических и железобетонных конструкций в результате воздействия жидких агрессивных стоков.



Рис. 6. Разрушенный участок берегоукрепления в Кировском районе

Для реконструкции данного участка потребуется частичный демонтаж плит вокруг пораженной зоны, засыпка и утрамбовка грунта с комплексом армирующих мероприятий и последующей заливкой бетона для основания плит. Монтаж новых плит следует производить с последующей обработкой швов битумным раствором.

**Заключение.** Проведенные исследования показали низкую эффективность отдельных берегоукрепительных мероприятий, а также большое количество деформаций сооружений на укрепленных участках, вызванных нарушением технологических норм при строительстве. Необходимо отметить также и устаревшие методы и технологии защиты береговой полосы, используемые в границах Волгоградского региона, которые следует заменить более современными и эффективными. Мероприятия по обследованию прибрежной зоны населенных пунктов, включая берегоукрепительные сооружения, помогают выявить проблемные участки на ранней стадии и предотвратить серьезные последствия, в связи с чем их необходимо ежегодно проводить в системе мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов С. К., Биндеман Н. Н. Влияние водохранилищ на гидрогеологические условия прилегающих территорий. М.: Госстандарт, 1960. 318 с.
2. Епишин В. К., Экзарьян В. Н. Прогноз процесса формирования берегов водохранилищ. М.: Энергия, 1979. 112 с.
3. Шубин М. А. Методологические основы программирования литомониторинга // Инженерная геология. 1987. № 6. С. 74—86.
4. Шубин М. А. Концепция гидромониторинга // Водохозяйственные проблемы. Вып. 1. Екатеринбург, 1996. С. 38—49.
5. Шубин М. А. Литомониторинг: теоретические и прикладные аспекты. Волгоград: Принт, 2005. 276 с.
6. Шубин М. А., Белгородская М. Ю. Мониторинг процесса формирования берегов крупных водохранилищ Южного федерального округа // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка: тр. Международной науч. конф. М.: МГУ, 2009. С. 193—195.
7. Шубин М. А., Юшин О. В. Динамика и мониторинг переработки берегов Волгоградского водохранилища // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность. Волгоград: ВолГУ, 2014. С. 394—399.
8. Шубин М. А., Юшин О. В. Мониторинг экологической безопасности прибрежных городских территорий Волгоградского водохранилища // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 1. С. 119—129.
9. Цветков В. К. Расчет устойчивости откосов и склонов. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во, 1979. 238 с.
10. Трифонова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях. М.: Академический проект, 2005. 352 с.
11. Алперин И. Е., Быков Л. С., Гуревич В. Б. Укрепление берегов судоходных каналов, рек и водохранилищ. М.: Транспорт, 1973. 216 с.
12. Смирнова Т. Г., Правдивец Ю. П., Смирнов Г. Н. Берегозащитные сооружения: учебник. М.: АСВ, 2002. 303 с.
13. Мишин С. И. Указания по проектированию защиты от оползней зданий и сооружений, населенных пунктов. 1973.
14. Чураков А. И., Волнин Б. А. Производство гидротехнических работ. М.: Стройиздат, 1985.
15. Яковенко В. Г. Строительство берегоукрепительных сооружений. М.: Транспорт, 1986. 245 с.
16. Михайлов А. В. Внутренние водные пути. М.: АСВ, 2004. 448 с.
17. Silvester R., Hsu Z. R. C. Coastal Stabilization: Innovative concepts. New Jersey, 1993. 539 p.
18. Wuthrich D., Chanson H. Aeration performances of a gabion stepped weir with and without capping // Environmental Fluid Mechanics. 2015. Vol. 15. Iss. 4. Pp. 711—730. DOI: 10.1007/s10652-014-9377-9
19. Zhang Gangfu, Chanson Hubert. Free-surface and seepage bubbly flows on a gabion stepped spillway weir: experimental observations // E-Proceedings of 36th IAHR World Congress.. The Hague, Netherlands, 28 June — 3 July 2015. Pp. 6624—6633.
20. Zhang Gangfu, Chanson Hubert. Gabion stepped spillway: interactions between free-surface, cavity, and seepage flows // Journal of Hydraulic Engineering. 2016. Vol. 142. Iss. 5.. Pp. 06016002-1—06016002-5. DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001120

© Шубин М. А., Юшин О. В., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Шубин М. А., Юшин О. В. Последствия нарушений технологических процессов при строительстве берегоукрепительных сооружений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 102—110.



Об авторах:

**Шубин Михаил Алексеевич** — д-р геол.-минерал. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [m-shubin@yandex.ru](mailto:m-shubin@yandex.ru)

**Юшин Олег Вячеславович** — аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [yushin035@yandex.ru](mailto:yushin035@yandex.ru)

**M. A. Shubin, O. V. Yushin**

## THE CONSEQUENCES OF DISRUPTION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES WHEN BUILDING COAST PROTECTION STRUCTURES

The article examines the state of coastal protection structures within the boundaries of the Volgograd reservoir and the Volga river. The authors consider technological disruption in the construction of structures, which leads to their destruction, and provide individual options for reconstruction of the structures. Schemes and drawings for each recommended type of strengthening of insular slopes are developed. Proceedings for the analysis are obtained on the basis of geographic information system (GIS) of monitoring of marginal erosion of the banks of the Volgograd reservoir and landslide processes in Volgograd, which is the basis for the development of a complex of anti-landslide and bank protection measures to protect structures and areas against destruction. Recommendations on application of effective construction technologies of bank protection structures are based on the use of modern Russian and foreign literature.

**Key words:** coast protection structures, marginal erosion, wave impact, monitoring, strain, reconstruction.

### REFERENCES

1. Abramov S. K., Bindeman N. N. *Vliyanie vodokhranilishch na gidrogeologicheskie usloviya prilgayushchikh territoriy* [Influence of reservoirs on hydrogeological conditions of the adjacent territories]. Moscow, Gosstandart Publ., 1960. 318 p.
2. Epishin V. K., Ekzar'yan V. N. *Prognoz protsessy formirovaniya beregov vodokhranilishch* [Forecast of formation process of waterside of reservoirs]. Moscow, Energiya Publ., 1979. 112 p.
3. Shubin M. A. [Methodological principals of lithomonitoring programming]. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering geology], 1987, no. 6, pp. 74—86.
4. Shubin M. A. [Concept of hydro-monitoring]. *Vodokhozyaistvennye problemy* [Water management problems], Iss. 1. Ekaterinburg, 1996. Pp. 38—49.
5. Shubin M. A. *Litomonitoring: teoreticheskie i prikladnye aspekty* [Lithomonitoring: theoretical and applied aspects]. Volgograd, Print Publ., 2005. 276 p.
6. Shubin M. A., Belogorodskaya M. Yu. [Monitoring of formation process of waterside of large reservoirs in the Southern Federal District]. *Mnogoobrazie sovremennykh geologicheskikh protsessov i ikh inzhenerno-geologicheskaya otsenka: tr. Mezhdunarodnoi nauch. konf.* [Diversity of modern geological processes and their engineering and geological assessment. Proc. of Int. Conf.]. Moscow, MSU Publ., 2009. Pp. 193—195.
7. Shubin M. A., Yushin O. V. [Dynamics and monitoring of rearrangement of waterside of the Volgograd reservoir]. *Antropogennaya transformatsiya geoprostranstva: istoriya i sovremennost'* [Anthropogenic transformation of geo-space: history and modern times]. Volgograd, VSUACE Publ., 2014, pp. 394—399.
8. Shubin M. A., Yushin O. V. [Ecological security monitoring of the coastal city territories of the Volgograd reservoir]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 44(63), p. 1, pp. 119—129.
9. Cvetkov V. K. *Raschet ustoychivosti otkosov i sklonov* [Calculation of stability of inner sides and slopes]. Volgograd, Nizhne-Volzhskoe Knizhnoe Izdatel'stvo, 1979. 238 p.
10. Trifonova T. A. *Geoinformatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovanie v ekologicheskikh issledovaniyakh* [Geographic information systems and remote sounding in ecological researches]. Moscow, Akademicheskii Proekt, 2005. 352 p.

11. Alperin I. E., Bykov L. S., Gurevich V. B. *Ukreplenie beregov sudokhodnykh kanalov, rek i vodokhranilishch* [Strengthening of the waterside of ship canals, rivers and reservoirs]. Moscow, Transport Publ., 1973. 216 p.
12. Smirnova T. G., Pravdivets Yu. P., Smirnov G. N. *Beregozashchitnye sooruzheniya* [Bank protection structures]. Moscow, ASV Publ., 2002. 303 p.
13. Mishin S. I. *Ukazaniya po proektirovaniyu zashchity ot opolznei zdaniy i sooruzheniy, nase-lennykh punktov* [Instructions on landslide protection design of buildings, constructions and populated areas]. 1973.
14. Churakov A. I., Volnin B. A. *Proizvodstvo gidrotekhnicheskikh rabot* [Performance of hy-dro-technical works]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1985.
15. Yakovenko V. G. *Stroitel'stvo beregoukrepitel'nykh sooruzheniy* [Construction of coast pro-tection structures]. Moscow, Transport Publ., 1986. 245 p.
16. Mikhailov A. V. *Vnutrennie vodnye puti* [Inland waterways]. Moscow, ASV Publ., 2004. 448 p.
17. Silvester R., Hsu Z. R. C. *Costal Stabilization: Innovative concepts*. New Jersey, 1993. 539 p.
18. Wuthrich D., Chanson H. Aeration performances of a gabion stepped weir with and without capping. *Environmental Fluid Mechanics*, 2015, 15(4), pp. 711—730. DOI: 10.1007/s10652-014-9377-9
19. Zhang Gangfu, Chanson Hubert. Free-surface and seepage bubbly flows on a gabion stepped spillway weir: experimental observations. *E-Proceedings of 36th IAHR World Congress*. The Hague, Netherlands, 28 June — 3 July 2015. Pp. 6624—6633.
20. Zhang Gangfu, Chanson Hubert. Gabion stepped spillway: interactions between free-surface, cavity, and seepage flows. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2016, 142(5), pp. 06016002-1—06016002-5. DOI: 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001120

*For citation:*

Shubin M. A., Yushin O. V. [The consequences of disruption of technological processes when building coast protection structures]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 102—110.

*About authors:*

**Shubin Mikhail Alekseevich** — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [m-shubin@yandex.ru](mailto:m-shubin@yandex.ru)

**Yushin Oleg Vyacheslavovich** — Postgraduate student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [yushin035@yandex.ru](mailto:yushin035@yandex.ru)

УДК 378.046.4

**А. И. Макеев, Е. М. Чернышов**

*Воронежский государственный технический университет*

#### **УСЛОВИЯ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОДНОРОДНОСТИ/НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРАМИ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНГЛОМЕРАТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТАХ**

Обсуждаются условия управления характеристиками однородности/неоднородности структуры конгломератных строительных композитов. Показывается значение этого в проблеме формирования поля напряжений в структуре как следствия процессов диссипации, локализации, концентрации напряжений в ней при действии на материал физико-механических нагрузок. Для предложенной авторами системы критериев однородности/неоднородности структур композитов обосновываются рецептурно-технологические факторы при их оптимизации по показателям сопротивления разрушению.

**Ключевые слова:** конгломератный строительный композит, однородность / неоднородность структуры, параметры поля напряжений, диссипация, локализация, концентрация напряжений, сопротивление разрушению, конструирование структуры.

Целью данной публикации является обсуждение материаловедческой проблемы управления характеристиками однородности/неоднородности конгломератных строительных композитов в задачах конструирования и синтеза оптимальных по показателям сопротивления разрушению их структур.

Постановка и содержательное рассмотрение этой актуальной в научном и прикладном смысле проблемы требует постулирования следующих исходных положений.

Во-первых, необходимо указать, что конструирование структуры композитов как завершающего, заключительного этапа их создания следует понимать в форме виртуальной, умозрительной, проектной процедуры «наполнения» объема строительной конструкции (с ее конфигурацией) структурными элементами материала. В качестве таких элементов выступают его матричная субстанция, твердофазные и газофазные включения в определенном их объемном соотношении, с определенными их составами, собственной структурой и состояниями, с механо-физико-химическими характеристиками, в совокупности предопределяющими рецептурно-технологические факторы и процессы производства строительного композита.

Главной задачей конструирования является создание пространственно-геометрической композитной системы, способной обеспечить максимально эффективное использование конструкции структуры и синтезируемых силовых ее структурных связей при получении необходимого потенциала работоспособности материала.

Обеспечение потенциала работоспособности достигается при реализации трех концептах управления сопротивлением композитов разрушению: 1) управление формированием поля напряжений через однородность состава и структуры материала; 2) управление количеством и качеством синтезируемых структурных связей в твердой фазе материала; 3) управление кинетикой

процесса развития и распространения трещин в материале «структурными» средствами [1].

Как видно, определяющим отправным концептом конструирования структур оказывается концепт, связанный с параметрами поля напряжений в структуре в соотнесении с ее однородностью. Таким образом, на этом основании актуальной для материаловедения и технологии строительных композитов оказывается категория «однородность/неоднородность» их структуры в фундаментальном ее значении [2].

К этому, во-вторых, принципиально важно выделить положение о композите как «преобразователе» (своего рода, трансформаторе) энергии внешних механических и других энергетических воздействий. В композите как структурированной системе такое преобразование внешней энергии определяется адаптивными свойствами структуры к воздействиям среды. С учетом этого трансформация сопровождается развитием в структуре материала явлений диссипации энергии (ее рассеяния, распределения) по макрообъему конструкции и, как следствие этого, локализации (размещения, местоположения) напряжений с соответствующей их концентрацией (средоточием) в микрообъемах структуры материала и в его структурных связях [3, 4].

Все это происходит на фоне стремления структурированной системы к ее равновесию, достигаемому во времени в результате кинетических процессов формирования напряженно-деформированного состояния, параметров его поля в материале и конструкции. Характеристики такого состояния и параметры его поля определяют термофлуктуационный разрыв структурных связей (физику разрушения) и последующее за этим возникновение, рост и развитие трещин (механику разрушения) в композите [5]. Именно на этом основании в физике и механике разрушения строительных композитов актуальной оказывается проблема формирования поля напряжений с характеристиками диссипации, локализации, концентрации как функции однородности/неоднородности их структуры.

Как представляется, обозначение этих двух исходных положений позволяет считать обоснованным и оправданным подготовку данной публикации.

Подготовка данной публикации велась, разумеется, в рамках системы базового теоретического и эмпирического знания, накопленного предшественниками по проблеме сопротивления композитных материалов разрушению. В контексте этого обозначим и будем иметь в виду фундаментальные работы отечественных и зарубежных ученых, в которых на основе феноменологического и сущностного структурно-физического подходов сформулированы и рассмотрены проблемы физики равновесных и неравновесных систем [6, 7, 8], механики сплошной среды, механики деформированного твердого тела, физики и механики разрушения [9—14], закономерностей формирования напряженно-деформированного состояния в категориях механики композитов как структурированных неоднородных сред [15—22] и бетонов — их типичных представителей [23—34].

Поле напряжений и деформаций (как результат явлений диссипации, локализации, концентрации энергии и напряжений) формируется в однородной/неоднородной структуре композита. Содержательное раскрытие этого связано с условиями обязательной оценки роли геометрических, суб-

станциональных, субстанционально-геометрических, статистических критериев однородности/неоднородности [1] в механизмах диссипации энергии внешнего воздействия в структуре и пространственной локализации напряжений по объему получаемой структурированной системы материала, а также концентрации напряжений по их величине в конкретных зонах объема и в структурных механических, физических и физико-химических связях композита.

Возможности управления параметрами поля напряжений (величиной локального максимального напряжения  $\sigma_{loc.max}$ , формирующегося при поуровневом, каскадном его повышении от действия соответствующих каждому масштабному уровню композита видов концентраторов напряжений) целесообразно раскрывать через анализ качественных картин (моделей) процессов диссипации энергии внешнего воздействия, локализации и концентрации напряжений в структуре конгломератного строительного композита при варьировании субстанциональной, геометрической и субстанционально-геометрической форм проявления однородности/неоднородности (параметров границы раздела и скачка).

На рис. 1, отвечающем графическим моделям, представлена, как раз, обобщенная качественная характеристика концентрации и локализации напряжений в системе «матрица-включение» при изменении субстанциональных, геометрических, субстанционально-геометрических и статистических характеристик включений. Для получения количественных характеристик потребуется организовать и провести экспериментальные исследования, содержание которых должно отвечать априорно прогнозируемому влиянию варьируемых критериев однородности/неоднородности на показатели сопротивления композита разрушению.

Проанализируем в общей постановке (априорно) качественные закономерности такого влияния.

Укажем, что графическая модель дается для полубесконечной пластины из одной и той же субстанции матрицы, которая в общем случае по ее свойствам может меняться. Будем полагать, что в субстанции размещены включения размером  $D_B$  с модулем упругости  $E_B$  и коэффициентом формы  $K_{\Phi B}$ .

При приложении нагрузки  $P$  одинаковой величины можно для различных вариаций моделей (по критериям однородности/неоднородности) дать общий вид эпюр напряжений.

Построение эпюр будем вести из условия соблюдения принципа сохранения общей величины потребляемой телом внешней приложенной энергии при одновременной возможности изменения ее распределения по площади рабочего сечения и объему тела, наделяемого изменяющимися субстанциональными, геометрическими, субстанционально-геометрическими и статистическими критериями.

Представленная на рис. 1, а исходная система формализует реальную структуру конгломератных строительных композитов с возможными колебаниями характеристик включений по их деформационным свойствам ( $E_B \neq \text{const}$ ), размеру ( $D_B \neq \text{const}$ ), форме ( $K_{\Phi B} \neq \text{const}$ ), распределению в объеме композита (толщина межзернового слоя матрицы  $\delta_M \neq \text{const}$ ). Картина поля напряжений в такой структуре имеет неравномерный характер как по величине напряжений, так и по их распределению в геометрии материала.

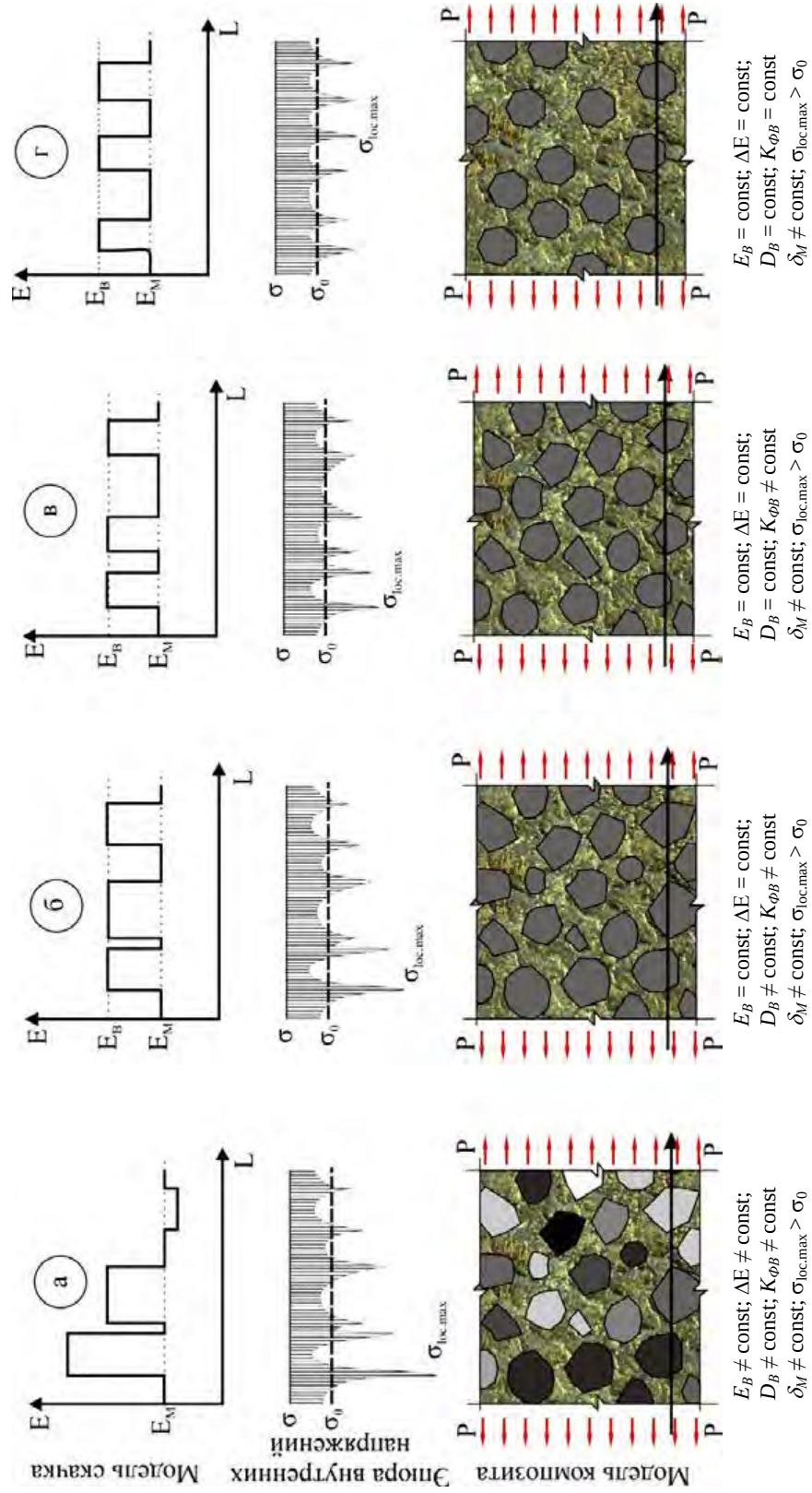


Рис. 1 (начало). Моделирование концентрации напряжений в структуре конгломератных строительных композитов



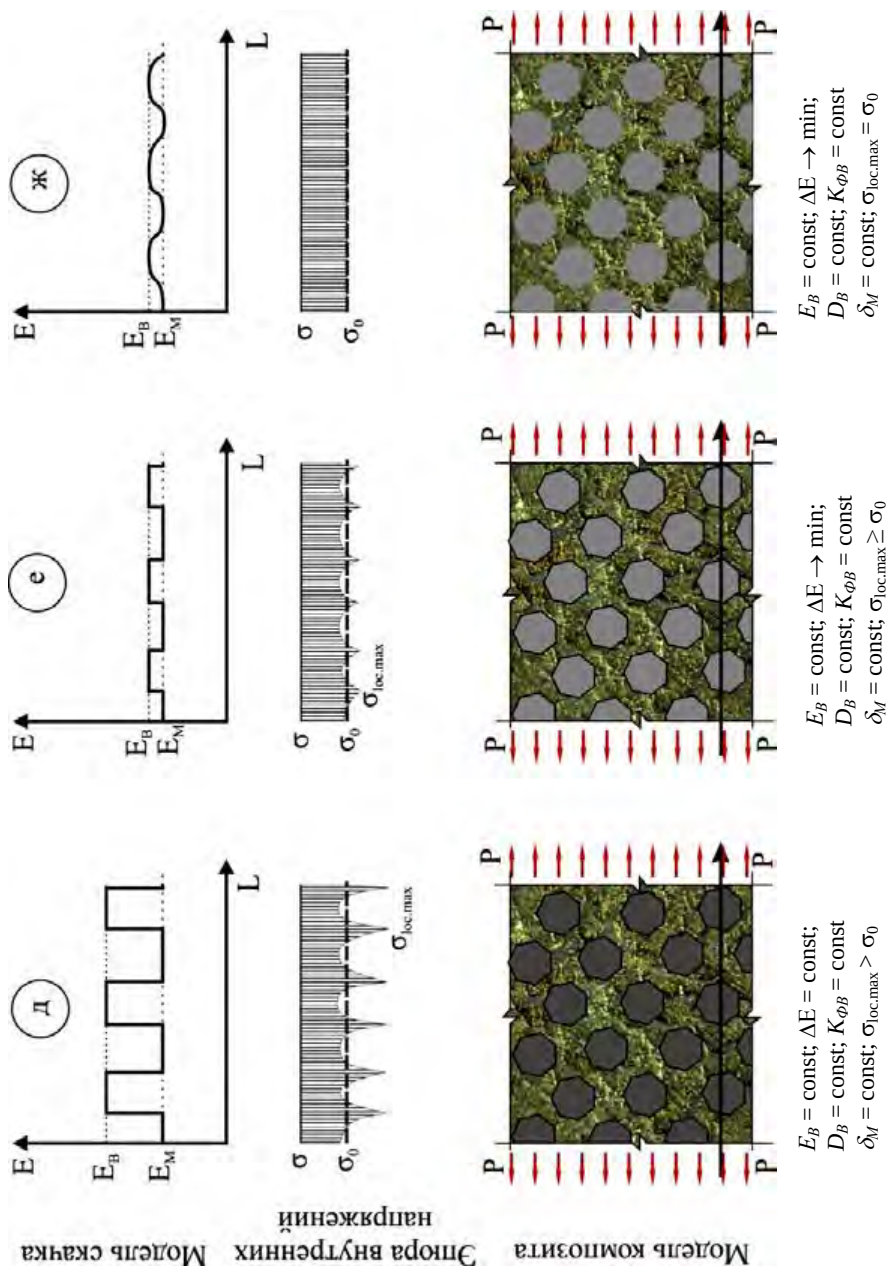


Рис. 1.(окончание) Моделирование концентрации напряжений в структуре конгломератных строительных композитов

Можно рассмотреть вариант конструкции структуры, когда (рис. 1, б) уравнены деформационные характеристики включений ( $E_B = \text{const}$ ). Это отражается на уменьшении разброса напряжений по их величине.

Более равномерное распределение напряжений по объему (сечению модели) достигается при стабилизации включений по их размеру ( $D_B = \text{const}$ , рис. 1, в) и форме ( $K_{\Phi B} = \text{const}$ , рис. 1, з).

Упорядоченно-регулярное размещение включений в объеме модели ( $\delta_M = \text{const}$ , рис. 1, д) приводит к большей равномерности эпюр напряжений. Отметим, что достигаемая геометрическая, пространственная равномерность распределения напряжений сказывается и на снижении величины их концентрации, поскольку обеспечиваются более благоприятные условия для рассеяния (диссипации) энергии в объеме материала.

Возможности снижения уровня напряжений в структуре могут обеспечиваться за счет синтеза субстанции матрицы с максимально близкими деформационными характеристиками к таковым у принятых в технологии включений ( $\Delta E \rightarrow \min$ , рис. 1, е).

Предельная минимизация концентрации напряжений, когда напряжения в любой точке объема становятся равными осредненным (рис. 1, ж), имеет место при выполнении условия субстанциональной конгруэнтности матрицы и включений — их сродства по кристаллохимическим параметрам. В таком случае формируется эпитаксиальная межкомпонентная контактная зона, существенно снижающая возникновение концентрации напряжений (рис. 2).

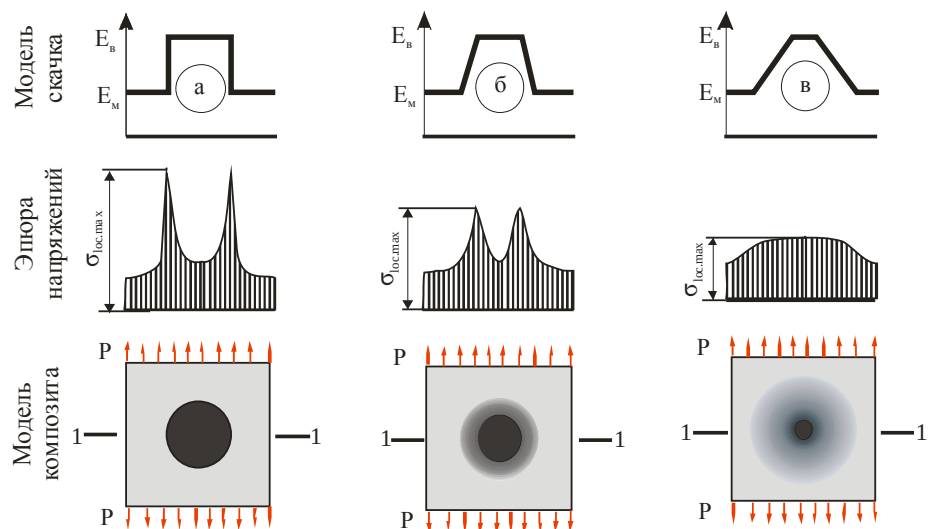


Рис. 2. Моделирование поля напряжений на межкомпонентной границе раздела «матрица-включение» при варьировании ее субстанционально-геометрических параметров (диффузности скачка)

Рассмотренные основные положения позволяют перейти к вопросу о содержании и структурировании необходимых исследований по проблеме управления количественными характеристиками критериев однородности/неоднородности в их увязке с задачами конструирования структур конгломератных строительных композитов.



Необходимо понимать, что в конечном счете в проблеме управления количественными характеристиками критериев однородности/неоднородности в задачах синтеза прочности конгломератных строительных композитов итоговым результатом исследований является обоснование рецептурно-технологических факторов оптимизации процессов формирования структурной однородности/неоднородности композита.

В технологии получения многофазной конгломератной структуры композита на мезо-, макро- и мегамасштабных (в строительной конструкции) уровнях в качестве рецептурно-технологических факторов выступают вид и расход заполнителей и наполнителей, порообразователей, методы и режимы смешения исходных сырьевых компонентов, вид и интенсивность воздействий при формировании строительных изделий, режимы организации процессов твердения материала в изделиях. При этом в технологии микроструктурообразования твердофазной составляющей матричной субстанции в качестве рецептурно-технологических факторов рассматриваются химико-минералогический состав исходных сырьевых компонентов, виды модифицирующих (в том числе наномодифицирующих) добавок, режимы организации процессов отвердевания вяжущих веществ, например, цемента в бетонах.

Сказанное соотнесем с контекстом управления критериями однородности/неоднородности структуры.

Имея в виду группу критериев геометрической формы однородности/неоднородности  $A_h(g)$ , следует, с точки зрения влияния на них рецептурно-технологических факторов, говорить об исследовании и получении информации о месте и значении фракционного состава и объемного содержания включений в композите, их геометрии и пространственной ориентации в объеме композита, характеристического размера каждого масштабного уровня (укажем, что на мегамасштабном уровне структуры композита в конструкции — это размер его сечения; на всех прочих уровнях — толщина межчастичного слоя матричной субстанции).

Имея в виду группу критериев по субстанциональной форме однородности/неоднородности  $A_h(s)$ , следует, с точки зрения влияния на них рецептурно-технологических факторов, говорить об исследовании и получении информации о месте и значении химико-минералогического состава исходных компонентов, их деформационных, прочностных, теплопроводных, влагопроводных и других характеристик. Именно эти характеристики субстанции матрицы и включений и будут определять параметры скачка, а потому и картину поля напряжений в ходе развития явлений диссипации, локализации и концентрации энергии и напряжений в материале, а в итоге — потенциал его сопротивления разрушению.

Имея в виду группу критериев по субстанционально-геометрической форме однородности/неоднородности  $A_h(s-g)$ , следует, с точки зрения влияния на них рецептурно-технологических факторов, говорить об исследовании и получении информации о месте и значении химико-минералогического состава и свойств поверхности частиц включений (кристалло-химическое и энергетическое состояние, чистота, шероховатость, дефектность), дефектности контактной зоны.

Анализ картин поля напряжений в композите (рис. 1, 2) показывает, что на любом  $i$ -м его структурном уровне можно добиваться повышения эффек-

тивности работы конструкции структуры, используя возможности обособленного выбора и варьирования:

- 1) субстанциональных характеристик матрицы по структуре и свойствам;
- 2) объемной доли включений  $V_B$  в объеме материала (в объеме матрицы);
- 3) формы включений  $K_{\Phi B}$  и распределения по форме  $dn_B/dK_{\Phi B}$ ;
- 4) распределения включений по размерам  $dn_B/dD_B$ ;
- 5) распределения включений по модулю упругости  $dn_B/dE_B$ ;
- 6) распределения включений по объему композита  $dn_B/dV_K$ ;
- 7) характеристик, параметров контактной зоны «матрица — включение»;
- 8) характеристик геометрической конгруэнтности (соразмерности) структурных элементов в смежных масштабных уровнях структуры композита.

Исходя из этого, в организации и проведении экспериментов потребуются получить эмпирические данные о закономерностях влияния указанных структурных факторов (именно они определяют количественные значения критериев однородности/неоднородности) на показатели сопротивления разрушению типичных представителей (плотных и поризованных по структуре) конгломератных строительных композитов.

Все эти структурные факторы, связанные с критериями однородности/неоднородности, имеют вероятностную реализацию, поэтому их количественные значения должны приниматься в статистических оценках, что будет являться отражением стохастического характера категории «однородность/неоднородность» структуры.

**Заключение.** В той или иной форме все указанные структурные факторы, с точки зрения влияния и тех и других на качественные характеристики материала, находятся в прямой связи с рецептурно-технологическими факторами получения композита.

Закономерности влияния и роли рецептурно-технологических факторов получили свое рассмотрение в многочисленных работах отечественных и зарубежных исследователей. Однако при всей полезности накопленной информации и определенной ее важности для практики мы не можем быть удовлетворены мерой ее системности и фундаментальности. Как нам представляется, разработка теоретических и прикладных вопросов, касающихся условий управления характеристиками однородности/неоднородности структуры и параметрами поля напряжений в конгломератных строительных композитах в интересах задач управляемого синтеза их прочности, может обеспечить переход на качественно новый уровень материаловедческого знания.

В силу многофакторности рассматриваемой системы (структуры) и многокритериальности ее по свойствам исследования необходимо будет проводить поэтапно, начиная с однофакторных модельных экспериментов, постепенно интегрируя их с учетом принципов аддитивности и синергизма.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернышов Е. М., Дьяченко Е. И., Макеев А. И. Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов: вопросы материаловедческого обобщения и развития теории. Воронеж, 2012. 98 с.
2. Чернышов Е. М., Дьяченко Е. И., Макеев А. И. Неоднородность строения как фундаментальная материаловедческая характеристика строительных композитов // Вестник отделения строительных наук Российской академии архитектурных и строительных наук. 1999. № 2. С. 390—402.

3. Чернышов Е. М., Макеев А. И. К моделированию напряженного состояния структурно-неоднородных конгломератных композитов в строительных конструкциях // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2015. Vol. 11. Iss. 2. Pp. 160—170.
4. Макеев А. И. Структурная неоднородность строительных композитов и условия диссипации энергии в них при нагружении // Вестник Центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2015. № 14. С. 222—230.
5. Чернышов Е. М., Макеев А. И. Общие положения интегрированного механо-физико-химического подхода к процессу деформирования и разрушения строительных композитов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2005. № 9. С. 256—258.
6. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.
7. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. М.: Мир, 1979. 280 с.
8. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. М.: Мир, 1987. 224 с.
9. Екобори Т. Физика и механика разрушения и прочности твердых тел. М.: Металлургия, 1971. 264 с.
10. Болотин В. В., Гольденблат И. И., Смирнов А. Ф. Строительная механика. Современное состояние и перспективы развития. М.: Стройиздат, 1972. 191 с.
11. Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974. 535 с.
12. Черепанов Г. П. Механика разрушения композиционных материалов. М.: Наука, 1983. 296 с.
13. Физика композитных материалов: в 2-х т. / Н. Н. Трофимов, М. З. Канович, Э. М. Карташов и др. М.: Мир, 2005. Т. 1. 456 с.
14. Физика композитных материалов: в 2-х т. / Н. Н. Трофимов, М. З. Канович, Э. М. Карташов и др. М.: Мир, 2005. Т. 2. 334 с.
15. Будеистский Р. И. Элементы теории прочности зернистых композиционных материалов. Тбилиси: Мецниереба, 1972. 82 с.
16. Армстронг Р. В. Прочностные свойства металлов со сверхмелким зерном // Сверхмелкое зерно в металлах: сб. статей / пер. с англ. М.: Металлургия, 1973. С. 11—40.
17. Мельниченко П. А. Структурно-статистический подход к решению задачи управляемого структурообразования композитов // Снижение материалоемкости и повышение долговечности строительных изделий. Киев: Будивельник, 1974. С. 66—76.
18. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение / пер. с англ. М.: Атомиздат, 1975. 472 с.
19. Ленг Ф. Ф. Разрушение композитов с дисперсными частицами в хрупкой матрице // Композиционные материалы: в 8 т. / пер. с англ. Т. 5. Разрушение и усталость. М.: Мир, 1978. 486 с.
20. Выровой В. Н., Дорофеев В. С., Суханов В. Г. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства. Одесса, 2010. 169 с.
21. Структура и прочность конструкционных цементных композитов / И. Н. Максимова, Н. И. Макридин, В. Т. Ерофеев, Ю. П. Скачков. Саранск, 2015. 360 с.
22. О возможном квантовом характере деформаций и разрушения композитов / В. И. Травуш, В. П. Селяев, П. В. Селяев, Е. Л. Кечуткина // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 94—100.
23. Берг О. Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962. 96 с.
24. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. М.: Стройиздат, 1959. 294 с.
25. Баженов Ю. М. Бетон при динамическом нагружении. М.: Стройиздат, 1970. 272 с.
26. Ахвердов И. Н., Смольский А. Е., Скочелас В. В. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона. Минск: Наука и техника, 1973. 290 с.
27. Райхель В., Конрад Д. Бетон. Часть I. Свойства, проектирование, испытание / пер. с нем. М.: Стройиздат, 1979. 111 с.
28. Комохов П. Г. Механико-технологические основы торможения процессов разрушения бетонов ускоренного твердения: автореф. дисс.... д-ра техн. наук. Ленинград, 1979. 37 с.
29. Зайцев Ю. В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. М.: Стройиздат, 1982. 196 с.
30. Бондаренко В. М., Наумов О. К. Феноменологические гипотезы в задачах о механическом сопротивлении бетонов // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1985. № 2. С. 1—7.

31. Шевченко В. И. Применение методов механики разрушения для оценки трещиностойкости и долговечности бетона. Волгоград, 1988. 110 с.

32. Карпенко Н. И. Общие модели механики бетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.

33. Кукса Л. В., Сергеев А. В. Построение физико-механических моделей бетона на основе разработки методов осреднения упругих свойств и исследования масштабного эффекта на микро- и макроуровнях // Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения: Восьмые академические чтения РААСН. Самара, 2004. С. 297—300.

34. Акчурин Т. К., Ушаков А. В. Теоретические и методологические вопросы определения характеристик трещиностойкости бетона при статическом нагружении. Волгоград, 2005. 407 с.

© Макеев А. И., Чернышов Е. М., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Макеев А. И., Чернышов Е. М. Условия управления характеристиками однородности/неоднородности структуры и параметрами поля напряжений в конгломератных строительных композициях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 111—122.

Об авторах:

**Макеев Алексей Иванович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий строительных материалов, изделий и конструкций, Воронежский государственный технический университет. Российская Федерация, 394006, Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84, [makeev@vqasu.ru](mailto:makeev@vqasu.ru)

**Чернышов Евгений Михайлович** — д-р техн. наук, профессор, руководитель образовательного творческого академического центра «Архстройнаука», Воронежский государственный технический университет. Российская Федерация, 394006, Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84, [chem@vqasu.vrn.ru](mailto:chem@vqasu.vrn.ru)

**A. I. Makeev, E. M. Chernyshov**

#### **TERMS OF THE CONTROL OVER CHARACTERISTICS OF HOMOGENEITY / HETEROGENEITY OF THE STRUCTURE AND THE PARAMETERS OF A STRESS FIELD IN THE CONGLOMERATE BUILDING COMPOSITES**

The terms of the control over characteristics of homogeneity / heterogeneity of the structure of conglomerate construction composites are discussed. The value of this is shown in the problem of formation of a stress field in the structure as the result of dissipation processes, localization, stress concentration therein under the load of physical and mechanical stress on the material. Optimal technological factors at their optimization of fracture resistance are proven for the offered by the authors system of criteria of homogeneity / heterogeneity of composites.

**Key words:** conglomerate construction composite, homogeneity / heterogeneity of the structure, parameters of a stress field, dissipation, localization, stress concentration, fracture resistance, structure design.

#### **REFERENCES**

1. Chernyshov E. M., D'yachenko E. I., Makeev A. I. *Neodnorodnost' struktury i soprotivlenie razrusheniyu konglomeratnykh stroitel'nykh kompozitov: voprosy materialovedcheskogo obobshcheniya i razvitiya teorii* [Structural heterogeneity and fracture resistance of conglomerate construction composites: issues of material engineering deduction and the development of the theory]. Voronezh, 2012. 98 p.

2. Chernyshov E. M., D'yachenko E. I., Makeev A. I. [Structural heterogeneity as fundamental materials parameter of construction composites]. *Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk Rossiiskoi akademii arkhitekturny i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the department of construction sciences of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences]. 1999, no. 2, pp. 390—402.

3. Chernyshev E. M., Makeev A. I. [By modeling of stress state structurally heterogeneous conglomerate composites in building constructions]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 2015, 11(2), pp. 160—170.
4. Makeev A. I. [Structural heterogeneity of construction composites and conditions of energy dissipation when subjected to loadings]. *Vestnik Tsentral'nogo regional'nogo otdeleniya Rossiiskoi akademii arkhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the Central regional Department of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences], 2015, no. 14, pp. 222—230.
5. Chernyshev E. M., Makeev A. I. [General provisions of the integrated mechanical, physical and chemical approach to the process of deformation and fracture of construction composites]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova* [Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov], 2005, no. 9, pp. 256—258.
6. Glensdorf P., Prigozhin I. *Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoichivosti i fluktuatsii* [Thermal dynamic theory of structure, stability and fluctuations]. Moscow, Mir Publ., 1973. 280 p.
7. Ebeling V. *Obrazovanie struktur pri neobratimyykh protsessakh* [Structural formation under irreversible processes]. Moscow, Mir Publ., 1979. 280 p.
8. Etkins P. *Poryadok i besporyadok v prirode* [Order and disorder in nature]. Moscow, Mir Publ., 1987. 224 p.
9. Ekobori T. *Fizika i mekhanika razrusheniya i prochnosti tverdykh tel* [Physics and mechanics of fracture and strength of solid bodies]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1971. 264 p.
10. Bolotin V. V., Gol'denblat I. I., Smirnov A. F. *Stroitel'naya mekhanika. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Construction mechanics. Current state and prospects of development]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1972. 191 p.
11. Regel V. R., Slutsker A. I., Tomashevskii E. E. *Kineticheskaya priroda prochnosti tverdykh tel* [Kinetic nature of strength of solid bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 535 p.
12. Cherepanov G. P. *Mekhanika razrusheniya kompozitsionnykh materialov* [Mechanics of fracture of composite materials]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 296 p.
13. Trofimov N. N., Kanovich M. Z., Kartashov E. M. et al. *Fizika kompozitnykh materialov: v 2-kh t.* [Composite materials physics, in 2 vol.]. Moscow, Mir Publ., 2005, vol. 1, 456 p.
14. Trofimov N. N., Kanovich M. Z., Kartashov E. M. et al. *Fizika kompozitnykh materialov: v 2-kh t.* [Composite materials physics, in 2 vol.]. Moscow, Mir Publ., 2005, vol. 2, 334 p.
15. Budeshtskii R. I. *Elementy teorii prochnosti zernistykh kompozitsionnykh materialov* [Elements of the theory of strength of granular composite materials]. Tbilisi, Metsniereba Publ., 1972. 82 p.
16. Armstrong R. V. [Structural properties of metals with ultrafine grain]. *Sverkhmelkoe zerno v metallakh: sb. statei* [Ultrafine grain in metals: symposium]. Trans. from English. Moscow, Metallurgiya Publ., 1973, pp. 11—40.
17. Mel'nichenko P. A. [Structural and statistical approach to the solution of the problem of controlled structure formation of composites]. *Snizhenie materialoemkosti i povysheenie dolgovechnosti stroitel'nykh izdelii* [Reduction in the consumption of materials and increase in durability of construction products]. Kiev, Budivelnik Publ., 1974. Pp. 66—76.
18. Van Flek L. *Teoreticheskoe i prikladnoe materialovedenie* [Theoretical and applied material engineering], trans. from English. Moscow, Atomizdat Publ., 1975. 472 p.
19. Leng F. F. [Fracture of composites with dispersed particles in a brittle matrix]. *Kompozitsionnye materialy: v 8 t. / per. s angl. T. 5. Razrushenie i ustalost'* [Composite materials, in 8 volumes, trans. from English, v. 5, Fracture and fatigue]. Moscow, Mir Publ., 1978. 486 p.
20. Vyrovoy V. N., Dorofeev V. S., Sukhanov V. G. *Kompozitsionnye stroitel'nye materialy i konstruksii. Struktura, samoorganizatsiya, svoistva* [Composite construction materials and structures. Structure, self-organization, parameters]. Odessa, 2010. 169 p.
21. Maksimova I. N., Makridin N. I., Erofeev V. T., Skachkov Yu. P. *Struktura i prochnost' konstruksionnykh tsementnykh kompozitov* [Structure and durability of constructional cement composite materials]. Saransk, 2015. 360 p.
22. Travush V. I., Selyaev V. P., Selyaev P. V., Kechutkina E. L. [About Possible Quantum Nature of Deformation and Fracture of Composites]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2016, no. 9, pp. 94—100.
23. Berg O. Ya. *Fizicheskie osnovy teorii prochnosti betona i zhelezobetona* [Physical principles of the theory of concrete and reinforced concrete strength]. Moscow, Gosstroizdat Publ., 1962. 96 p.
24. Lermontov R. *Problemy tekhnologii betona* [Problems of concrete technology]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1959. 294 p.

25. Bazhenov Yu. M. *Beton pri dinamicheskom nagruzhении* [Concrete under dynamic loading]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1970. 272 p.
26. Akhverdov I. N., Smol'skii A. E., Skochelyas V. V. *Modelirovanie napryazhennogo sostoyaniya betona i zhelezobetona* [Modeling of concrete and reinforced concrete stress state]. Minsk, Nauka i Tekhnika Publ., 1973. 290 p.
27. Reichel V., Conrad D. *Beton. Chast' I. Svoistva, proektirovanie, ispytanie / per. s nem.* [Concrete. Part I. Parameters, design, testing, trans. from German]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1979, 111 p.
28. Komokhov P. G. *Mekhaniko-tekhnologicheskie osnovy tormozheniya protsessov razrusheniya betonov uskorenno go tverdeniya: avtoref. diss.... d-ra tekhn. nauk* [Mechanical and engineering principles of inhibition of fracture of accelerated hardening concrete. Dr. Eng. Sc Diss.]. Leningrad, 1979. 37 p.
29. Zaitsev Yu. V. *Modelirovanie deformatsii i prochnosti betona metodami mekhaniki razrusheniya* [Modeling of concrete strain and strength by methods of fracture mechanics]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1982. 196 p.
30. Bondarenko V. M., Naumov O. K. [Phenomenological hypotheses in concrete mechanical resistance problems]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura* [News of higher education institutions. Construction and architecture], 1985, no. 2, pp. 1—7.
31. Shevchenko V. I. *Primenenie metodov mekhaniki razrusheniya dlya otsenki treshchinostoikosti i dolgovechnosti betona* [Application of methods of fracture mechanics for the assessment of concrete crack resistance and durability]. Volgograd, 1988. 110 p.
32. Karpenko N. I. *Obshchie modeli mekhaniki betona* [General models of concrete mechanics]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1996. 416 p.
33. Kuksa L. V., Sergeev A. V. [Creation of physical and mechanical models of concrete on the basis of the development of methods of averaging of elastic parameters and the research of scale effect on micro- and macro-levels]. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya stroitel'nogo materialovedeniya: Vos'mye akademicheskie chteniya RAASN* [Current state and prospects of development of construction material engineering, 8<sup>th</sup> academic readings of RAACS]. Samara, 2004, pp. 297—300.
34. Akchurin T. K., Ushakov A. V. *Teoreticheskie i metodologicheskie voprosy opredeleniya kharakteristik treshchinostoikosti betona pri staticheskom nagruzhении* [Theoretical and methodological issues of determination of characteristics of concrete crack resistance under static stress]. Volgograd, 2005. 407 p.

*For citation:*

Makeev A. I., Chernyshov E. M. [Terms of the control over characteristics of homogeneity / heterogeneity of the structure and the parameters of a stress field in the conglomerate building composites]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 111—122.

*About authors:*

**Makeev Aleksei Ivanovich** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Technologies of Construction Materials, Products and Structures Department, Voronezh State Technical University. 84, 20 Let Oktyabrya St., Voronezh, 394006, Russian Federation, [makeev@vgasu.ru](mailto:makeev@vgasu.ru)

**Chernyshov Evgenii Mikhailovich** — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the "Arkhstroinauka" educational creative center, Voronezh State Technical University. 84, 20 Let Oktyabrya St., Voronezh, 394006, Russian Federation, [chem@vgasu.vrn.ru](mailto:chem@vgasu.vrn.ru)

УДК 004(075.8):69.04

**С. Ю. Катерина**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ**

Рассматривается технология проектирования основной разрешающей матрицы для расчета стержневых систем в среде табличного процессора MS Excel. На данном этапе исследований разработана универсальная технология, позволяющая создавать автоматизированные системы для решения широкого круга инженерных задач, включая и задачи строительной механики.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** разрешающая матрица, табличный процессор, краевые условия, компьютерное моделирование.

Автоматизация расчетов строительных конструкций с учетом использования современных информационных технологий всегда была, есть и будет весьма актуальной задачей. Быстрое распространение новейших программных средств общесистемного и прикладного назначения на рынке информационных услуг и их многочисленные последующие модификации в соответствии с требованиями потребителя предоставляют исследователям широкие возможности использования нетрадиционных подходов для ее решения. Существующие автоматизированные системы расчета, разработанные на базе традиционных технологий, как правило, используют компьютеры в качестве быстродействующих счетных механизмов, а не как мощный инструмент компьютерного моделирования разнообразных процессов, в том числе и процесса исследования поведения конструкций при разнообразных воздействиях на них. Неэффективность таких систем определяется в основном необходимостью «ручного» (с алфавитно-цифровой клавиатуры) ввода значительного объема исходных данных, особенно при их вариации. При грамотном выборе инструментального средства и эффективном использовании всего арсенала уникальных возможностей, предоставляемых разработчику средой этого средства, можно выйти на новый уровень компьютеризации исследовательской деятельности. Следует учитывать, что выбираемая для решения конкретной задачи методика выполнения расчета определяется как исходными условиями задачи, так и типом программного обеспечения и возможностями компьютерной техники. Например, последние версии табличного процессора Excel [3, 13, 16] дают возможность выйти на принципиально новый уровень автоматизации объемных систем расчета практически любой направленности и специализации. Это позволяет организовать полноценный процесс исследования реакции элементов стержневых конструкций на весь спектр возможных воздействий [1, 2, 11, 12, 14, 15] на базе стандартного персонального компьютера.

При разработке любой специализированной системы автоматизации расчетов перед разработчиками встают задачи общего характера:

организация «дружественного» диалога с пользователем при вводе исходной информации;

формирование массивов исходных данных;  
формирование разрешающей матрицы и вектора правых частей систем алгебраических уравнений;  
решение самой системы;  
разработка алгоритма «быстрой ответной реакции» на изменение значений исходных данных и его реализация;

формирование блока результатов расчета, желательно с их визуализацией и автоматизацией процедуры оценки точности получаемых результатов.

Ранее, в работах [3, 4, 5] была разработана базовая методика сплайн-аппроксимаций для расчета двумерных конструкций, позволяющая реализовать на программном уровне алгоритм построения кубических сплайнов с целью итогового получения дискретного аналога основного дифференциального уравнения одномерного изгибаемого элемента [5].

Кратко опишем технологию проектирования основной разрешающей матрицы для расчета стержневых систем в среде табличного процессора MS Excel [7, 8] на примере однопролетной балки, т. е. одномерного изгибаемого элемента (рис. 1).

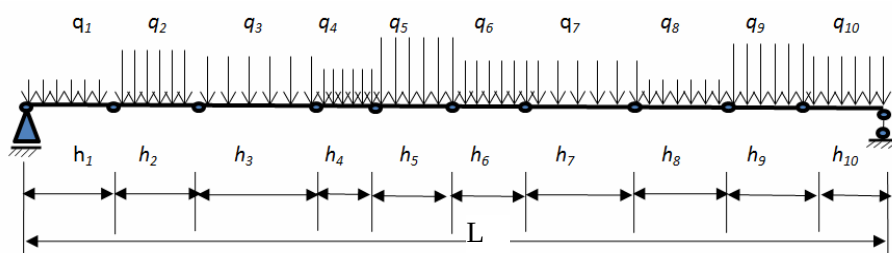


Рис. 1

Нанесем на ось этого элемента  $n$  неравномерных отрезков (в нашем случае,  $n = 10$ ) длиной  $h_i$ :  $h_1 = 0,1$ ,  $h_2 = 0,05$ ,  $h_3 = 0,11$ ,  $h_4 = 0,09$ ,  $h_5 = 0,08$ ,  $h_6 = 0,12$ ,  $h_7 = 0,15$ ,  $h_8 = 0,09$ ,  $h_9 = 0,11$ ,  $h_{10} = 0,1$ .

Обозначим внешнюю нагрузку как  $q_i$  и отношение предшествующей длины отрезка к последующей как  $k_i = h_i / h_{i+1}$ . Вычисленные значения этих коэффициентов внесем в соответствующие строки таблицы (рис. 2).

|   | A                                      | B | C     | D | E     | F | G     | H | I     | J | K     | L | M     | N | O     | P | Q     | R | S     | T | U        | V |
|---|----------------------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|----------|---|
| 4 | Нагрузка                               |   | $q_1$ |   | $q_2$ |   | $q_3$ |   | $q_4$ |   | $q_5$ |   | $q_6$ |   | $q_7$ |   | $q_8$ |   | $q_9$ |   | $q_{10}$ |   |
| 5 |                                        |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1     |   | 1        |   |
| 6 | Геометрия:<br>$k_{in} = h_i / h_{i+1}$ |   | $h_1$ |   | $h_2$ |   | $h_3$ |   | $h_4$ |   | $h_5$ |   | $h_6$ |   | $h_7$ |   | $h_8$ |   | $h_9$ |   | $h_{10}$ |   |
| 7 |                                        |   | 2.00  |   | 0.56  |   | 0.75  |   | 1.41  |   | 0.85  |   | 1.00  |   | 0.91  |   | 1.38  |   | 0.53  |   | 0.53     |   |
| 8 |                                        |   | 0.10  |   | 0.05  |   | 0.09  |   | 0.12  |   | 0.09  |   | 0.10  |   | 0.10  |   | 0.11  |   | 0.08  |   | 0.15     |   |

Рис. 2

Чтобы сформировать основную разрешающую матрицу, ячейки таблицы заполняются значениями коэффициентов при неизвестных уравнений системы, сформированных на базе дискретных аналогов дифференциального уравнения  $\alpha \omega^{\xi\xi} = -\theta$ , описывающих деформированное (прогибы) и напряженное (моментное) состояния изгибаемого элемента [5]:



$$y_{i-1} - y_{i-} - y_{i+} + y_{i+1} - h_{i+1}(\varphi_{i-}k_{ih} - \varphi_{i+}) = -\frac{h_{i+1}^2}{6}[k_{ih}^2(2m_{i-} + m_{i-1}) + (2m_{i+} + m_{i+1})]; \quad (1)$$

$$m_{i-1} - m_{i-} - m_{i+} + m_{i+1} - h_{i+1}(Q_{i-}k_{ih} - Q_{i+}) = -\frac{h_{i+1}^2}{6}[k_{ih}^2(2q_{i-} + q_{i-1}) + (2q_{i+} + q_{i+1})].$$

Для опорных узлов при их шарнирном закреплении и равномерно распределенной нагрузке  $q$ , полагая при этом, что

$$y_{i-1} = y_{i-} = y_{i+} = 0;$$

$$m_{i-1} = m_{i-} = m_{i+} = 0; \quad \varphi_{i-} = \varphi_{i+} = 0; \quad Q_{i-} = 0; \quad q_{i-1} = q_{i-} = 0; \quad q_{i+} = q_{i+1} = q,$$

получим

$$i = 0: \quad y_1 + h\varphi_0 = -\frac{h^2}{6}m_1; \quad i = 10: y_9 + h\varphi_{10} = -\frac{h^2}{6}m_{10}; \quad (2)$$

$$i = 0: \quad m_1 + hQ_0 = -\frac{h^2}{2}q_1; \quad i = 10: m_9 + hQ_{10} = -\frac{h^2}{2}q_{10}.$$

По общепринятой методике формирования матриц, их элементы — ячейки оперативной памяти заполняются значениями этих коэффициентов в результате реализации программного кода соответствующих стандартных программ [3, 12]. А так как значения коэффициентов изменяются при изменении любого входного параметра, то, варьируя хотя бы одним параметром, мы вновь и вновь обязаны в полном объеме запускать программный код по формированию матриц. А это, естественно, значительно снижает скорость выполнения расчетов. Решением данной проблемы стало создание специального алгоритма целевого изменения заполняемых ячеек матрицы, в зависимости от варьируемого параметра, когда для заполнения ячеек матрицы вместо формул используются ссылки с адресами ячеек, в которых и находятся текущие значения переменных.

Известно, что заполнение ненулевых ячеек матрицы формулами-ссылками является длительной и кропотливой задачей, поэтому использование способности электронных таблиц копировать ячейку с формулой ссылкой, автоматически изменяя адреса ячеек, входящих в формулу, заставляет разработчика отнестись весьма ответственно при конструировании такой формулы.

Среда табличного процессора Excel позволяет отказаться от общепринятой методики формирования разрешающей матрицы. Универсализация такой технологии, реализующей дискретные аналоги в форме (1) и (2), заключается в том, что для каждого типа нагрузки и конкретного краевого условия создается своя разрешающая матрица, являющаяся результатом суммирования двух матриц:

основной, или базовой матрицы, ядро которой является инвариантным для всех остальных матриц и не зависит от краевых условий, в то время как крайние столбцы и строки этой матрицы являются нулевыми (рис. 3);

дополнительной матрицы (рис. 4), ядро которой заполняется нулями, а несколько ячеек ее крайних столбцов и строк заполняются такими значениями, которые в результате суммирования данной матрицы с базовой дают итоговую матрицу (рис. 5), учитывающую конкретные краевые условия.

|             | F                        | G     | H     | I     | J     | K     | L     | M     | N     | O     | P        | Q     | R     | S     | T     | U     | V     | W     | X     | Y     | Z     | AA       | AB |
|-------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----|
|             | Ядро разрешающей матрицы |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |    |
| $y \& m$    | $\Phi_0$                 | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $Y_6$ | $Y_7$ | $Y_8$ | $Y_9$ | $\Phi_k$ | $Q_0$ | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $m_6$ | $m_7$ | $m_8$ | $m_9$ | $Q_{10}$ |    |
| $\Phi_0$    | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_1$       | 0                        | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_2$       | 0                        | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_3$       | 0                        | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_4$       | 0                        | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_5$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_6$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0        |    |
| $Y_7$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0        |    |
| $Y_8$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0        |    |
| $Y_9$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0        |    |
| $\Phi_{10}$ | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $Q_0$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_1$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_2$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_3$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_4$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_5$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_6$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        |    |
| $m_7$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        |    |
| $m_8$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        |    |
| $m_9$       | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 0        |    |
| $Q_{10}$    | 0                        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        |    |

Рис. 3

|             | AD       | AE    | AF    | AG    | AH    | AI    | AJ    | AK    | AL    | AM    | AN          | AO    | AP    | AQ    | AR    | AS    | AT    | AU    | AV    | AW    | AX    | AY       | AZ  |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|
|             | Шарнир   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $y \& m$    | $\Phi_0$ | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $Y_6$ | $Y_7$ | $Y_8$ | $Y_9$ | $\Phi_{10}$ | $Q_0$ | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $m_6$ | $m_7$ | $m_8$ | $m_9$ | $Q_{10}$ |     |
| $\Phi_0$    | 0.1      | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0           | 0     | 0     | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_1$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_2$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_3$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_4$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_5$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_6$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_7$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_8$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Y_9$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $\Phi_{10}$ | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 1           | 0.1   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002    | 0   |
| $Q_0$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       | 0.1   | 1.0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_1$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_2$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_3$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_4$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_5$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_6$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_7$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_8$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $m_9$       | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
| $Q_{10}$    | 0        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |             |       |       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.0      | 0.1 |

Рис. 4

Далее формируется вектор правых частей обобщенных уравнений (1), (2), т.е. вектор внешней нагрузки  $q$ , который показан справа от разрешающей матрицы (рис. 5). Затем вычисляется матрица, обратная разрешающей, (рис. 6).

|             |          | Шарнир |       |       |       |       |       |       |       |       |          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |
|-------------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|
| $y, m$      | $\Phi_0$ | $Y_1$  | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $Y_6$ | $Y_7$ | $Y_8$ | $Y_9$ | $\Phi_k$ | $Q_0$ | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $m_6$ | $m_7$ | $m_8$ | $m_9$ | $Q_{10}$ | $q$ |
| $\Phi_0$    | 0.041    | 0      | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_1$       | -0.004   | 0      | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_2$       | -0.008   | 0      | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_3$       | -0.011   | 0      | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_4$       | -0.012   | 0      | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_5$       | -0.013   | 0      | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_6$       | -0.012   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_7$       | -0.011   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Y_8$       | -0.008   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0        | 0   |
| $Y_9$       | -0.004   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0        | 0   |
| $\Phi_{10}$ | 0.041    | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $Q_0$       | 0.500    | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0.1   | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_1$       | -0.045   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_2$       | -0.080   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_3$       | -0.105   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_4$       | -0.120   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_5$       | -0.125   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        | 0   |
| $m_6$       | -0.120   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        | 0   |
| $m_7$       | -0.105   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        | 0   |
| $m_8$       | -0.080   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1        | 0   |
| $m_9$       | -0.045   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2       | 0   |
| $Q_{10}$    | 0.500    | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1        | 0.1 |

Рис. 5

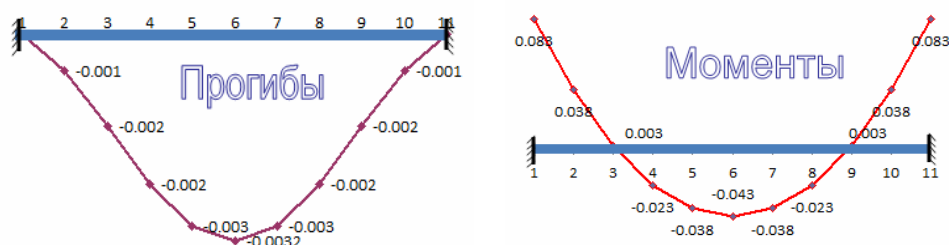
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 0  | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0 |
| 0  | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -0 | -0 | -0 | -0 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -1 | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -0 | -0 | 0  | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | -0 | 0  | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | -0 | 0  | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -1 | -1 | -2 | -2 | -3 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -0 | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -0 | -1 | -1 | -1 | -2 | -2 | -2 | -1 | -1 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -0 | -0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -2 | -1 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | -0 | -0 | -0 | -0 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 0  | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 9   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -1  | -1  | -1  | -1  | -1  | -0  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -1  | -2  | -1  | -1  | -1  | -1  | -0  | -0  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -1  | -1  | -2  | -2  | -2  | -1  | -1  | -0  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -1  | -1  | -2  | -2  | -2  | -2  | -1  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -1  | -1  | -2  | -2  | -3  | -2  | -2  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -0  | -1  | -1  | -2  | -2  | -2  | -2  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -0  | -1  | -1  | -1  | -2  | -2  | -2  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -0  | -0  | -1  | -1  | -1  | -1  | -2  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -0  | -0  | -0  | -0  | -1  | -1  | -1  | -1  | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9 |

Рис. 6

Наконец, результат умножения обратной матрицы на вектор  $q$  определяет вектор, элементами которого являются значения искомых неизвестных, т. е.  $y_1 \dots y_9$ ,  $m_1 \dots m_9$ ,  $\Phi_0$ ,  $\Phi_{10}$ ,  $Q_0$  и  $Q_{10}$  (показан слева от разрешающей матрицы на рис. 5).

По аналогии формируется расчетный аппарат и для других краевых условий. На рис. 7 и 8 представлены матрицы для вычислений искомых неизвестных для балки с обоими защемленными концами и для консольной балки, а также эпюры прогибов и моментов для этих балок.

|          |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          | Защемление |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |     |        |  |  |  |  |  |  |  |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| $\Phi_0$ | $Y_0$   | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | $Y_6$ | $Y_7$ | $Y_8$ | $Y_9$ | $Y_{10}$ | $m_0$      | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $m_6$ | $m_7$ | $m_8$ | $m_9$ | $m_{10}$ | $q$ |        |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_0$    | -0.0005 | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_1$    | -0.001  | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_2$    | -0.0017 | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_3$    | -0.0025 | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_4$    | -0.003  | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_5$    | -0.0032 | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_6$    | -0.003  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_7$    | -0.0025 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_8$    | -0.0017 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0.002 | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_9$    | -0.001  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2       | 1          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.002 | 0.007 | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $Y_{10}$ | -0.0005 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1        | -2         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0      |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_0$    | 0.0825  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | ###   | 1     | -0.5  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | -0.005 |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_1$    | 0.0375  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | -2    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | -0.005 |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_2$    | 0.0025  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_3$    | -0.0225 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_4$    | -0.0375 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_5$    | -0.0425 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_6$    | -0.0375 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_7$    | -0.0225 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1     | 0        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_8$    | 0.0025  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -2    | 1        | 0   | 0.010  |  |  |  |  |  |  |  |
| $m_9$    | 0.0375  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0        | 0          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | -2    | 0        | 0   | -0.005 |  |  |  |  |  |  |  |



128

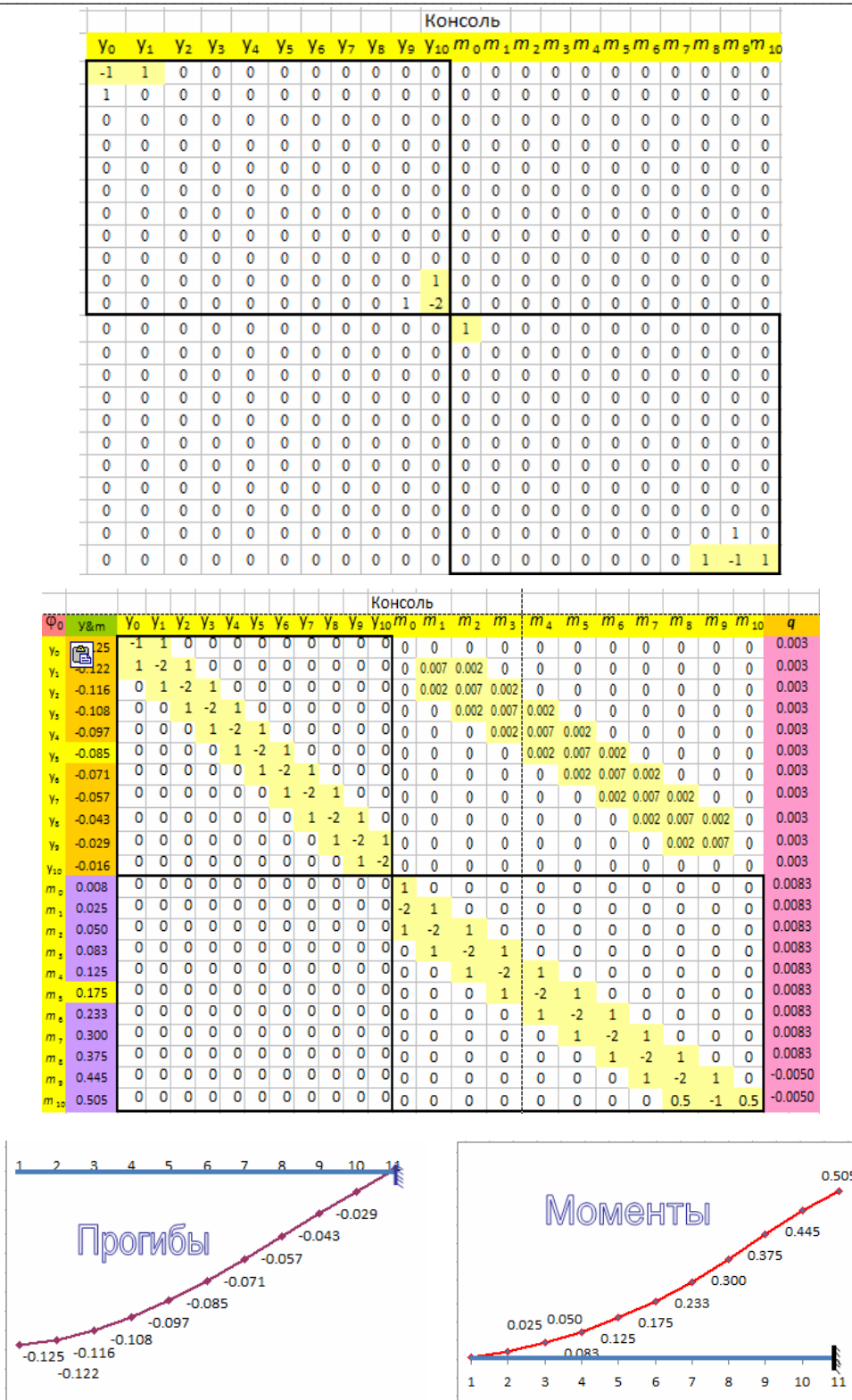


Рис. 8

Конечная цель данного этапа исследований состоит в разработке универсальной технологии инженерных расчетов в широко распространенной среде MS Office Excel, позволяющей создавать автоматизированные системы для решения широкого круга инженерных задач, включая и задачи строительной механики.

Алгоритм реализации поставленной цели:

- 1) автоматизация процесса ввода исходных данных с использованием визуального контроля над достоверностью вводимой информации;
- 2) автоматизация процесса заполнения элементов матриц (или векторов);
- 3) разработка рациональной технологии преобразования матриц и выполнения необходимых матричных операций;
- 4) разработка рациональной технологии учета изменения краевых условий;
- 5) графическая интерпретация результатов расчета, позволяющая пользователю в динамике отслеживать процесс поведения рассчитываемой конструкции при изменении ее геометрических, физических и топологических параметров, а также параметров внешних воздействий;
- 6) автоматизация сопоставительных оценок точности расчетов по предлагаемому и классическим методам.

Таким образом, предлагаемый подход к созданию программно-алгоритмических расчетных комплексов позволил превратить персональный компьютер в мощный инструмент компьютерного моделирования процессов поведения конструкций при разнообразных воздействиях на них. Кроме того, реализованная в рассмотренном методе возможность самостоятельного изменения пользователем алгоритма обработки данных, с учетом специфики конкретной решаемой задачи, позволяет более точно моделировать условия и параметры работы рассчитываемых конструкций, что значительно расширяет возможности практического применения рассмотренного подхода. Эффективное использование всего арсенала уникальных возможностей, предоставляемых современными табличными процессорами, позволяет выйти на новый уровень компьютеризации исследовательской деятельности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров А. В. Численное решение линейных дифференциальных уравнений при помощи матрицы дифференцирования // Труды МИИТ. 1961. Вып. 131. С. 253—266.
2. Габбасов Р. Ф. О разностных формах метода последовательных аппроксимаций // Численные методы решения задач строительной механики. Киев: КИСИ, 1978. С. 121—126.
3. Катерина С. Ю., Усков Ю. И. Технология формирования основной разрешающей матрицы для расчета плит в среде табличного процессора Excel // Известия вузов. Строительство. 2003. № 10. С. 125—129.
4. Усков Ю. И., Катерина С. Ю. Модифицированный метод сплайн-аппроксимаций в расчете пластинок. Деп. в ВИНТИ. 01.04.98, № 2021-B99.
5. Усков Ю. И., Катерина С. Ю., Катерина М. А. Матричная форма дискретного аналога обобщенного дифференциального уравнения изогнутой оси одномерного элемента // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 130—138.
6. Усков Ю. И., Катерина С. Ю., Катерина М. А. Построение дискретного аналога уравнения изгиба стержня на основе модифицированного метода сплайн аппроксимаций. Строительная механика и расчет сооружений. 2015. № 2. С. 39—43.
7. Уокенбах Дж. Microsoft Excel 2010. Библия пользователя.: пер. с англ. М.: Вильямс, 2011. 912 с.
8. Орвис В. Excel для ученых, инженеров и студентов / пер. с англ. Киев: Юниор, 1999. 528 с.

9. *Игнатъев В. А.* Редукционные методы расчета в статике и динамике пластинчатых систем. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. 144 с.
10. *Шайкевич В. Д.* Сплайн-аппроксимация при определении перемещений упругих стержневых систем // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1975. № 3.
11. *Игнатъев В. А.* Методы супердискретизации в расчетах сложных стержневых систем. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1981. 108 с.
12. *Ignatjev V. A.* Berechnung von Kastenträger-systemen unter Verwedung von Spline-Superelementen // Technische Mechanik 8. 1987. Heft 4. S. 46—51.
13. *Korquine A. V.* Calcul des structures sur microordinateurs en Basic. Ecole Nationale d'Enge-nieurs de Tunis, 1988. 198 p.
14. *Nürnberg G., Zeilfelder F.* Developments in bivariate spline interpolation // Journal of Computational and Applied Mathematics. Vol. 121. Iss. 1-2, 1 September 2000. Pp. 125—152.
15. Spline approximation of discontinuous multivariate functions from scattered data / M. C. Lopez de Silanes, M. C. Parra, M. Pasadas, J. J. Torrens // Journal of Computational and Applied Mathematics. 2001. T. 131. № 1-2. C. 281—298.
16. *Billo E. J.* Excel for Scientists and Engineers: Numerical Methods. A John Wiley & Sons, Inc., 2007. 480 p.

© Катерина С. Ю., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Катерина С. Ю. Разработка визуальных расчетных комплексов для решения задач строительной механики // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 123—132.

Об авторе:

**Катерина Светлана Юрьевна** — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный техни-ческий университет (ВолгГТУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1, [Kat-svetlana@mail.ru](mailto:Kat-svetlana@mail.ru)

**S. Yu. Katerinina**

## THE DEVELOPMENT OF VISUAL CALCULATION COMPLEXES FOR THE SOLUTION OF TASKS OF STRUCTURAL MECHANICS

The article deals with the technology of design of the basic resolution matrix for the calculation of beam systems in the MS Excel spreadsheet. At this stage of the research the authors developed a multipurpose technology allowing to create automated systems for the solution of a wide range of engineering problems, including the problem of structural mechanics.

**Key words:** resolution matrix, spreadsheet, boundary conditions, computer simulations.

### REFERENCES

1. Aleksandrov A. V. [Numerical solution of the linear differential equations by means of a dif-ferentiation matrix]. *Trudy MIIT* [Works of MIIT], 1961, iss. 131, pp. 253—266.
2. Gabbasov R. F. [About difference forms of the successive approximations method]. *Chislennye metody resheniya zadach stroitel'noi mekhaniki* [Numerical methods of solution of problems of construction mechanics]. Kiev, KISI Publ., 1978. Pp. 121—126.
3. Katerinina S. Yu., Uskov Yu. I. [Technology of Solving Main Matrix to Calculate Plates in Table Processor Medium Excel]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institu-tions. Construction], 2003, no. 10, pp. 125—129.
4. Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu. *Modifitsirovannyi metod splain-aproksimatsii v raschete plastinok*. VINITI. 01.04.98. № 2021-V99 [Modified method of spline approximations in the calcula-tion of plates. VINITI. 01.04.98, no. 2021-B99].
5. Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu., Katerinina M. A. [Matrix form of discrete analogue of gen-eralized differential equation of curved axis of one-dimensional element]. *Vestnik Volgogradskogo*



*gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 130—138.

6. Uskov Yu. I., Katerinina S. Yu., Katerinina M. A. [Construction of a discrete analogue of the equation of bending of the rod on the basis of the modified method of spline approximation]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii* [Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii], 2015, no. 2, pp. 39—43.

7. Walkenbach J. *Microsoft Excel 2010. Bible*. Wiley, 2010. 1056 p.

8. Orvis V. *Excel dlya uchenykh, inzhenerov i studentov* [Excel for scientists, engineers and students]. Kiev, Yuniior Publ., 1999. 528 p.

9. Ignat'ev V. A. *Reduktsionnye metody rascheta v statike i dinamike plastinchatykh sistem* [Reduction calculation methods in statics and dynamics of lamellar systems]. Saratov, Publishing house of Saratov University, 1992. 144 p.

10. Shaikovich V. D. [Spline approximation at determination of movements of elastic bar systems]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of Higher Educational Institutions. Construction], 1975, no. 3.

11. Ignat'ev V. A. *Metody superdiskretizatsii v raschetakh slozhnykh sterzhnevnykh sistem* [Oversampling methods in calculations of complicated bar systems]. Saratov, Publishing House of Saratov University, 1981. 108 p.

12. Ignatjev V. A. Berechnung von Kastenträger-systemen unter Verwedung von Spline-Superelementen. *Technische Mechanik* 8, 1987, Heft 4, s. 46—51.

13. Korguine A. V. *Calcul des structures sur microordinateurs en Basic*. Ecole Nationale d'Engineurs de Tunis, 1988. 198 p.

14. Nürnberger G., Zeilfelder F. Developments in bivariate spline interpolation. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 1 September 2000, 121(1-2), pp. 125—152.

15. Lopez de Silanes M. C., Parra M. C., Pasadas M., Torrens J. J. Spline approximation of discontinuous multivariate functions from scattered data. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2001, 131(1-2), pp. 281—298.

16. Billo E. J. *Excel for Scientists and Engineers: Numerical Methods*. A John Wiley & Sons, Inc., 2007. 480 p.

*For citation:*

Katerinina S. Yu. [The development of visual calculation complexes for the solution of tasks of structural mechanics]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 123—132.

*About author:*

**Katerinina Svetlana Yur'evna** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [KaterininaSvetlana@mail.ru](mailto:KaterininaSvetlana@mail.ru)



УДК 624.21/8

Г. А. Наумова<sup>а</sup>, С. А. Пономаренко<sup>б</sup>

<sup>а</sup> НП «Волгоградский региональный научно-технический центр»

<sup>б</sup> ООО «Группа компаний «Технический аудит и управление недвижимостью»»

## ОЦЕНКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛОЧНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ МОСТОВ В ЗАРУБЕЖНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Проведен ретроспективный анализ балочных неразрезных мостов как диссипативных колебательных систем. Выполнен фактологический анализ случаев колебаний мостовых сооружений подобного типа, свидетельствующий о персистентности данного явления. Приведено описание зарубежных и российских нормативных документов, используемых для оценки аэродинамической устойчивости балочных неразрезных мостов.

**Ключевые слова:** колебательная система, балочный неразрезной мост, аэродинамическая неустойчивость, колебания, система нормативной документации.

Современный опыт мостостроения наглядно свидетельствует о том, что явление аэродинамической неустойчивости характерно не только для вантовых и висячих мостовых сооружений, но и для балочных неразрезных мостов. За последние полвека в мире уже зарегистрировано порядка десяти случаев колебаний на таких мостах со стальными пролетами.

На основании информации, приведенной в работах [1—10], а также Разработки проектной документации на капитальный ремонт первого пускового комплекса первой очереди мостового перехода через р. Волга в г. Волгограде (М.: ОАО «Гипротрансмост», 2011. 688 с.) были собраны сводные данные по техническим характеристикам «танцующих» стальных балочных неразрезных мостов, а также данные о типе зафиксированных колебаний, их амплитуде и скорости ветра (табл. 1).

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют сделать предположение о том, что аэродинамическая неустойчивость эксплуатируемых балочных неразрезных мостов не уникальное, а вполне закономерное явление, обладающее свойством персистентности, т. е. имеющее тенденцию устойчивых повторений.

Анализируя данные табл. 1, можно отметить, что для всех представленных балочных неразрезных мостов характерны относительно низкие собственные частоты колебаний. В большинстве случаев тип фиксируемых на мостовых сооружениях аэроупругих явлений — ветровой резонанс. При этом диапазон скоростей ветра, при которых возникает данное явление, составляет 15...20 м/с.

Участившиеся случаи непроектных колебаний балочных неразрезных мостов вызывают серьезные опасения инженеров-мостостроителей, специалистов в области аэродинамики мостов, а также простых граждан в отношении целостности, пригодности к эксплуатации и механической (конструктивной) безопасности указанных мостовых сооружений, что требуется в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Таблица 1

## «Танцующие» стальные балочные неразрезные мосты мира

| № пп | Название моста                                     | Место расположения моста | Технические характеристики моста        |         |           |         |             |           |             | Тип зафиксированных аэроупругих явлений | Дата колебаний/проведения наблюдений                               | $V_{\text{в}}$<br>м/с | $A_{\text{max}}$<br>м | $V_{\text{max}}^{\text{стр}}$<br>м/с |
|------|----------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|---------|-----------|---------|-------------|-----------|-------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|
|      |                                                    |                          | Схема пролетов, м                       | $L$ , м | $H$ , м   | $B$ , м | $H/L$       | $B/H$     | $f$ , Гц    |                                         |                                                                    |                       |                       |                                      |
| 1.   | Волгоградский мост                                 | Россия                   | 2×86,6+3×126+3×155+126+69               | 155     | 3,292     | 17,38   | 1/47        | 5,3       | 0,41...1,11 | Ветровой резонанс                       | 20.05.2010                                                         | 15...16               | 0,4                   | 27                                   |
| 2.   | Виадук Tozaki, секция А                            | Япония                   | 108+108+108                             | 108     | 4,5       | 18,25   | 1/24        | 4,1       | 0,96...3,26 | Ветровой резонанс                       | 1982                                                               | 35,4                  | 0,41                  | 50                                   |
| 3.   | Виадук Tozaki, секция В                            | Япония                   | 149,6+190,4+190,4+149,6                 | 190,4   | 4,5...8,2 | 18,25   | 1/42...1/23 | 4,1...2,2 | 0,48...1,00 | Галопирование                           | 1982                                                               | 36                    | —                     | 50                                   |
| 4.   | Trans Tokyo Bay Highway Bridge                     | Япония                   | 130+140+190+240+240+190+140+130+120+110 | 240     | 6...10,5  | 22,9    | 1/40...1/23 | 3,8...2,1 | 0,33...1,13 | Ветровой резонанс                       | 1995                                                               | 16...17               | 0,5                   | —                                    |
| 5.   | Мост Rio-Niteroi                                   | Бразилия                 | 200+300+200                             | 300     | 7,42      | 25,9    | 1/40        | 3,5       | 0,32...0,64 | Ветровой резонанс                       | 1974, 1980, 1997, 1998, 2002                                       | 15...16,5             | 0,6                   | —                                    |
| 6.   | Западная эстакада к мосту Большой Бельт (Sprogø)   | Дания                    | 8×193                                   | 193     | 7,0       | 25,8    | 1/28        | 3,7       | 0,49...0,80 | Ветровой резонанс                       | 1995                                                               | 20...38               | —                     | —                                    |
| 7.   | Восточная эстакада к мосту Большой Бельт (Halskov) | Дания                    | 13×193                                  | 193     | 7,0       | 25,8    | 1/28        | 3,7       | 0,49...0,80 | Ветровой резонанс                       | 1995                                                               | 20...38               | —                     | —                                    |
| 8.   | Chong Qi Bridge                                    | Китай                    | 102+4×185+102                           | 185     | 4,5       | 16,1    | 1/41        | 3,6       | 0,45...0,60 | Ветровой резонанс                       | После завершения строительства (2011) были зафиксированы колебания | —                     | —                     | —                                    |
| 9.   | Kansai International Airport Access Bridge         | Япония                   | 2×109 (м)                               | 109     | —         | —       | —           | —         | 0,76...2,98 | Ветровой резонанс                       | 1990, 1991                                                         | —                     | 0,1...0,2             | —                                    |
|      |                                                    |                          | 3×109 (м)                               | 109     | —         | —       | —           | —         | —           | Ветровой резонанс                       | 1990, 1991                                                         | —                     | 0,1...0,2             | —                                    |

Примечание:  $A_{\text{max}}$  — максимальная амплитуда колебаний;  $V_{\text{max}}^{\text{стр}}$  — максимальная скорость ветра, характерная для места строительства;  $V_{\text{в}}$  — скорость ветрового потока при регистрируемых колебаниях;  $L$  — максимальная длина пролета;  $H$  — высота пролетного строения;  $B$  — ширина балки пролетного строения;  $f$  — собственная частота колебаний моста.

На сегодняшний день большая часть исследований в области аэродинамики мостов посвящена висячим и вантовым системам. Аэродинамическая неустойчивость балочных неразрезных мостов исследована в меньшей степени, особенно в нашей стране. Тем не менее резонансный (в прямом и переносном смысле) случай колебаний Волгоградского моста инициировал не только проведение исследований по оценке аэродинамической устойчивости мостов подобного типа, но и процесс пересмотра и актуализации российских нормативных документов, регламентирующих проектирование и строительство мостовых сооружений.

До 2011 г. в строительных нормах и правилах отсутствовало обязательное требование по оценке балочных неразрезных мостов на аэродинамическую устойчивость. Только в мае 2011 г. была введена в действие актуализированная версия СНиП 2.05.03-84\*. Мосты и трубы (М.: ГП ЦПП, 1996. 214 с. (актуализированная редакция в виде СП 20.13330.2011)), содержащая обязательный пункт 5.48, согласно которому «...стальные балочные мосты с пролетами более 100 м следует проверять на аэродинамическую устойчивость и пространственную жесткость». Из рекомендаций по расчету на аэродинамическую устойчивость в приложении Н данного СНиП указаны лишь аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления частей или элементов пролетных строений и опор мостов без учета формы этих элементов.

Актуализированная версия СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. (М.: Госстрой СССР, 1986. 32 с. (актуализированная редакция в виде СП 20.13330.2011)), введенная в действие с 20 мая 2011 г., содержит указания о необходимости учета ветровых воздействий на здания и сооружения, вызывающих резонансное вихревое возбуждение, а также аэродинамические неустойчивые колебания типа галопирования, бафтинга, дивергенции и флаттера. В СНиП приведена только общая методика расчета на резонансное вихревое возбуждение и аэродинамические коэффициенты зданий и сооружений. Аэродинамические характеристики для типовых сечений балочных пролетов мостовых сооружений отсутствуют.

Таким образом, ни в СНиПе «Мосты и трубы», ни в СНиПе «Нагрузки и воздействия» не приводятся рекомендации или ссылки на другие нормативные документы, содержащие методику расчета по оценке аэродинамической устойчивости балочных неразрезных мостов. В ОДМ 218.2.040-2014. Методические рекомендации по оценке аэродинамических характеристик сечений пролетных строений мостов. (М.: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР), 2014.87 с.) говорится, что приведенная информация в СНиПах «Мосты и трубы» и «Нагрузки и воздействия», является недостаточной для расчета ветровых нагрузок на пролетные строения балочных мостов.

Тем не менее работы в области разработки нормативных документов по оценке аэродинамической устойчивости балочных мостовых сооружений в настоящее время активно ведутся. В частности, коллективом исследователей Новосибирского государственного технического университета под руководством д.т.н., профессора С. Д. Саленко разработан Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.040—2014 «Методические рекомендации по оценке аэродинамических характеристик сечений пролетных строений мостов».

Данный документ введен впервые и носит рекомендательный характер. Аэродинамические характеристики типовых поперечных сечений пролетных

строений мостов балочного типа, такие как коэффициенты лобового сопротивления, подъемной силы и момента, параметр галопирования, приводятся для случаев отсутствия или наличия плит проезжей части, ограждений и автотранспортных средств. Также в ОДМ 218.2.040-2014 указываются формулы для оценки критической скорости ветра при дивергенции, вихревом возбуждении и галопировании, приводится описание методики проведения физических и численных экспериментов.

Из рекомендательных документов по расчету пролетных строений мостовых сооружений на различные аэроупругие воздействия известны МГСН 5.02—99 «Проектирование городских мостовых сооружений». В данном документе приводится описание методики расчета пролетных строений на вихревое возбуждение (ветровой резонанс) и крутильный флаттер.

Таким образом, российская нормативная база по расчету мостовых сооружений на аэродинамическую устойчивость ограничивается двумя документами, носящими рекомендательный характер.

В связи с ежегодным ростом автомобильного трафика и необходимостью увеличения пропускной способности автомагистралей, в настоящее время предполагается увеличение объемов строительства мостовых сооружений, в том числе и протяженных облегченных мостов балочного типа. Таким образом, российская нормативная база, регламентирующая проектирование и строительство мостов в части оценки их конструкций на аэродинамическую устойчивость, остро нуждается на современном этапе в совершенствовании и дальнейшей разработке с учетом накопленного мирового опыта мостостроения.

В отличие от российских строительных норм и правил, зарубежные обязательные нормативные документы\* содержат подробное описание особенностей взаимодействия зданий и сооружений, в том числе мостов, с ветровым потоком, а также методики расчета на различные аэроупругие воздействия (ветровой резонанс, галопирование, дивергенция, флаттер). Однако учет влияния демпфирующих свойств на аэродинамическую устойчивость мостовых сооружений в этих документах представлен недостаточно.

Не представляет сомнения, что мостовые конструкции, с точки зрения теории колебаний, являются диссипативными колебательными системами и, как любые реальные механические системы, обладают свойством рассеивания энергии колебаний вследствие необратимых процессов, происходящих как в материале упругого элемента (рассеяние энергии в материале), в узлах

---

\* Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-4: General actions. Wind actions. EN 1991-1-4:2005 / European Standard. – Brussels, 2005.

American Society of Civil Engineers. Minimum design loads for buildings and other structures. ANSI/ASCE 7-98, ASCE, New York, 2000.

Air Recommendations for Loads on Buildings. Chapter 6. Wind Loads. Architectural Institute of Japan, 2004.

Standard Australia. Minimum design loads on structures. Part 2: Wind Loads. Standards Australia. North Sydney, 1989.

Guide for the assessment of wind actions and effects on structures CNR-DT 207/2008. Roma : National research council of Italy. Advisory committee on technical recommendations for construction, 2010. 331 p.

соединений (конструкционное демпфирование), так и в результате потерь энергии в окружающую среду.

Соотношение между этими видами энергетических потерь для различных типов мостовых сооружений неодинаково и зависит от материала, конструктивных форм моста, а также от условий его работы.

Неупругие сопротивления различной природы играют важную роль при колебаниях мостов, так как от них зависят амплитуды колебаний пролетных строений в резонансном режиме. Основные факторы, влияющие на диссипативные свойства мостовых конструкций, представлены в табл. 2 [11].

Т а б л и ц а 2

*Факторы, влияющие на диссипативные свойства мостовых конструкций*

| Стадия проектирования                                                                                                |                                      |                                                         | Стадия эксплуатации                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Упругие свойства                                                                                                     | Неупругие диссипативные связи        |                                                         | Неупругие диссипативные связи                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                      | внутренние                           | внешние                                                 |                                                                                                                                                                                                                    |
| подбор материалов, сплавов; изменение массы и жесткости пролетных строений; материал и конструкция опор, фундаментов | трение в швах; трение в соединениях. | свойства опорных частей; аэродинамическое сопротивление | состояние опорных частей, деформационных швов, тротуаров; влияние вида конструкции, типа и состояния проезжей части; искусственное гашение колебаний; демпфирование нагрузки; применение вибропоглощающих покрытий |

Неупругие сопротивления влияют на параметры затухания колебаний, и условно их можно разделить на внутреннее неупругое сопротивление (внутреннее трение), конструкционное демпфирование, внешнее сопротивление. При этом величина потерь энергии для каждого из вида сопротивлений будет оцениваться различными соотношениями.

Дифференциальное уравнение движения системы с одной степенью свободы при действии внешней динамической нагрузки синусоидального типа описывается выражением:

$$y'' + 2n y' + \omega_0^2 y = \frac{F_0}{M} \sin \theta t,$$

где  $\omega_0^2 = \frac{r_{11}}{M}$ ;  $2n = \chi_0 \omega_0^2$ .

Множитель  $n$  отражает влияние сил сопротивления на параметры колебаний системы. При этом подразумевается, что он включает в себя значения сил:

- внутреннего неупругого сопротивления;
- сухого конструкционного трения;
- сопротивления внешней среды.

В большей степени изучена природа внутреннего трения в материале. К настоящему моменту сформированы аналитические закономерности по

учету внутреннего трения, позволяющие решать конкретные технические задачи с достаточной точностью. При этом в основу аналитических соотношений положена гипотеза о независимости сил внутреннего неупругого сопротивления от скорости деформации (т. е. от частоты колебательного процесса), что подтверждается полученными опытными данными в широком диапазоне частот и амплитуд напряжений.

Для выполнения динамических расчетов реальная система с внутренним трением приводится к системе с вязким сопротивлением. Согласно гипотезе Фойгта напряжения и деформации, в простейшем случае одноосного напряженного состояния, связаны зависимостью [12]:

$$\sigma = E\varepsilon + \chi E \dot{\varepsilon}, \quad (1)$$

где  $E$  — модуль упругости;  $\chi$  — коэффициент, характеризующий вязкость материала;  $\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt}$  — скорость изменения деформации во времени.

Выражение (1) можно записать в виде [12]:

$$\sigma = \sigma_s + \sigma_D,$$

где  $\sigma_s = E\varepsilon$ ;  $\sigma_D = \chi E \dot{\varepsilon} = \chi \dot{\sigma}_s$ .

Рассматривая систему с одной степенью свободы, для которой перемещения и деформации определяются координатой  $y = y(t)$ , а напряжения — внешней силой  $R = R(t)$ , напряжения  $\sigma_s$  и  $\sigma_D$  можно представить как результат действия соответствующих внешних сил:

$$\text{упругой } S = r_{11}y; \quad (2)$$

$$\text{и вязкой (демпфирующей) } F_D = \chi S = \chi r_{11} \dot{y}. \quad (3)$$

Соотношения (2), (3) показывают, что в процессе движения массу  $m$  можно считать связанной как бы с двумя элементами: с линейно-упругой балкой жесткостью  $r_{11}$  и с вязким элементом, имеющим характеристику вязкости  $\chi r_{11}$  и силу сопротивления, пропорциональную первой степени скорости  $\dot{y}$  [12].

По принципу Даламбера с использованием соотношений (2) и (3) можно записать уравнение свободных затухающих колебаний:

$$y'' + 2n y' + \omega_0^2 y = 0, \quad (4)$$

где  $2n = \chi \omega_0^2$ ,  $\omega_0^2 = \frac{r_{11}}{m}$ ;  $\omega_0^2$  — квадрат частоты колебаний без учета затухания.

Решением уравнения (4) является

$$y = Ae^{-nt} \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (5)$$

По уравнению (5) можно построить график затухающих колебаний. При этом за количественную характеристику затухания принимают натуральный

логарифм отношения соседних амплитуд, или логарифмический декремент колебаний [12]:

$$\delta = \ln \left( \frac{A_i}{A_{i+1}} \right) = nT = \frac{\chi \omega_0^2}{2} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \pi \chi \omega. \quad (6)$$

Согласно выражению (6) логарифмический декремент колебаний  $\delta$  линейно зависит от частоты  $\omega$ . Таким образом, гипотеза вязкого сопротивления дает эффект частотно-зависимого внутреннего трения. В то же время многочисленные эксперименты свидетельствуют о том, что для данного материала и максимального уровня напряжений значение декремента остается практически постоянным. Указанное противоречие является недостатком гипотезы Фойгта в задаче учета внутреннего трения.

Однако, поскольку в целом картина затухания по гипотезе Фойгта является приемлемой, а уравнение (4) — достаточно простым, выявленное противоречие может быть устранено за счет использования внутреннего трения с условным коэффициентом вязкости на основе положений теории неупругого поглощения энергии.

Условный коэффициент вязкости определяется выражением [12]:

$$\chi_y = \frac{\gamma}{p}, \quad (7)$$

где  $\gamma$  — коэффициент неупругого сопротивления, не зависящий от частоты колебаний;  $p$  — частота гармонических колебаний, равная  $\omega$  для свободных колебаний системы и  $\theta$  для вынужденных колебаний.

Подставляя выражение (7) в (6) при  $p = \omega$ , получим логарифмический декремент колебаний, который также является постоянной частотно-независимой величиной:

$$\delta = \pi \chi_y \omega = \pi \gamma.$$

Коэффициент неупругого сопротивления  $\gamma$  связан с коэффициентом поглощения энергии колебаний  $\psi$  и логарифмическим декрементом колебаний  $\delta$  соотношением:

$$\gamma = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi}.$$

Приведенный расчетный прием хорошо зарекомендовал себя для решения задач о колебаниях систем с внутренним трением.

Конструкционное демпфирование в колебательной системе связано с рассеиванием энергии колебаний за счет потерь на трение в неподвижных соединениях (прессовых, заклепочных, шлицевых, резьбовых и т. п.). При этом экспериментально установлено, что потери энергии на трение в сочленениях значительно выше потерь на внутреннее трение в материале.

Практически достаточно точная теория конструкционного демпфирования может быть построена на основе простейших физических представлений о свойствах материала (закон Гука) и о фрикционных свойствах контактных поверхностей (закон сухого трения). С помощью этих представлений удастся по-

строить расчетным путем петлю гистерезиса. Как и в задачах о колебаниях систем с внутренним трением в материале, вид и площадь петли конструкционного гистерезиса не зависят от скорости процесса циклического деформирования. Это обстоятельство освобождает от необходимости разработки каких-либо специальных приемов решения соответствующих дифференциальных уравнений и позволяет непосредственно пользоваться способами, эффективность которых установлена при решении задач о колебаниях систем с внутренним трением в материале. В работе [13] подробно приведены приемы решения динамических задач с учетом конструкционного демпфирования.

Влияние сил сопротивления внешней среды на колебания системы в настоящий момент недостаточно изучено. В основном учет внешнего сопротивления осуществляется на основе экспериментально полученных коэффициентов внешнего сопротивления для различных сред.

Известна работа [14], в которой впервые разработана математическая модель и решена задача о колебаниях пластины в гидроупругой постановке с учетом сопротивления внутренней и внешней среды различной вязкости, а также проведен анализ влияния внутреннего и внешнего сопротивления на динамику конструкции, определены коэффициенты внутреннего и внешнего сопротивления для стали, воды, дизельного топлива и машинного масла.

В работах [15—19] авторов данной статьи предпринята попытка учета сопротивления внешней (водной) среды в уравнении движения диссипативной колебательной системы при установке гидродинамического гасителя колебаний, который значительно повысил бы демпфирующие характеристики всего мостового сооружения.

Сами по себе мостовые сооружения обладают достаточно низкими демпфирующими свойствами. Поэтому вполне закономерно, что увеличение параметров демпфирования, позволило бы повысить аэродинамическую устойчивость моста.

Рекомендации по учету демпфирования, при оценке аэродинамической устойчивости мостовых сооружений, в отечественной нормативной документации отсутствуют. В актуализированной версии СНиП «Мосты и трубы» лишь в справочной форме приводятся значения логарифмического декремента затухания железобетонных, сталежелезобетонных и стальных конструкций.

В зарубежной нормативной документации по оценке аэродинамической устойчивости содержится более подробная информация по данному вопросу. Для учета влияния демпфирующих характеристик на параметры колебаний используется суммарный логарифмический декремент колебаний.

Так, в Еврокоде 1 в п. F.5. указано, что логарифмический декремент затухания  $\delta$  для первой изгибной формы колебаний может оцениваться соотношением:

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d,$$

где  $\delta_s$  — логарифмический декремент затухания для конструкционного демпфирования;  $\delta_a$  — логарифмический декремент затухания для аэродинамического демпфирования;  $\delta_d$  — логарифмический декремент затухания при установке специальных устройств гашения колебаний (настраиваемых массовых демпферов, водяных резервуаров и др.).



Логарифмический декремент затухания для конструкционного демпфирования определяется на основании данных, приведенных в табл. F.2. Еврокода 1. В данной таблице указаны типы конструкций и соответствующие для них значения логарифмического декремента.

Логарифмический декремент затухания для аэродинамического демпфирования оценивается соотношением:

$$\delta_a = \frac{c_f \rho v_m(z_s)}{2n_1 \mu_e},$$

где  $c_f$  — коэффициент, указанный в разделе 7 Еврокода 1;

$$\mu_e = \frac{\int_0^h \int_0^b \mu(y, z) \cdot \Phi_1^2(y, z) dy dz}{\int_0^h \int_0^b \Phi_1^2(y, z) dy dz} \quad \text{— приведенная масса на единицу площади кон-}$$

струкции прямоугольного сечения, при этом  $\mu(y, z)$  — масса на единицу площади конструкции;  $\Phi_1(y, z)$  — форма колебаний.

Рекомендации по расчету логарифмического декремента затухания при наличии устройств гашения колебаний отсутствуют. Ссылки на другие нормативные документы, содержащие теоретические или экспериментальные методики расчета логарифмического декремента затухания при установке гасителей колебаний, не приводятся.

Для оценки возможности возникновения ветрового резонанса в Еврокоде 1 используется приложение Е. К одному из ключевых параметров расчета на ветровой резонанс относится число Скрутона, являющееся безразмерным параметром демпфирования.

Число Скрутона, согласно Еврокоду 1, оценивается соотношением:

$$Sc = \frac{2\delta_s m_{i,e}}{\rho b^2}, \quad (8)$$

где  $\delta_s$  — логарифмический декремент затухания для конструкционного демпфирования;  $m_{i,e}$  — приведенная масса на единицу длины для  $i$ -й формы колебаний;  $\rho$  — плотность воздуха;  $b$  — ширина поперечного сечения конструкции.

Как видно из выражения (8), при определении числа Скрутона учитывается только конструкционное демпфирование. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что при оценке аэродинамической устойчивости используются заниженные демпфирующие характеристики мостового сооружения.

Аналогичные соотношения содержатся в итальянских нормативных документах по оценке аэродинамической устойчивости мостовых сооружений (Guide for the assessment of wind actions and effects on structures CNR-DT 207/2008. Roma : National research council of Italy. Advisory committee on technical recommendations for construction, 2010. 331 p.).

Таким образом, проведенный анализ нормативной документации показал, что при оценке аэродинамической устойчивости сооружений в полной мере

учитывается только внутреннее неупругое сопротивление материала конструкций, влияние которого на параметры колебаний значительно ниже, чем влияние конструкционного демпфирования или сил внешнего сопротивления. Это обстоятельство свидетельствует о том, что исследования в области разработки расчетных приемов для учета влияния сил сопротивления различной природы на параметры затухания колебаний являются весьма актуальными.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Battista Ronaldo C., Pfeil Miche'le S.* Reduction of vortex-induced oscillations of Rio-Niteroi bridge by dynamic control devices // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2000. № 84. Pp. 273—288. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(99\)00108-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(99)00108-7)
2. *Battista R. C.* Multiple Synchronized Dynamic Attenuators of Wind-induced Oscillations of Rio-Niteroi Bridge // *Society of Experimental Mechanics*. URL: <http://sem-proceedings.com/23i/sem.org-IMAC-XXIII-Conf-s08p02-Multiple-Synchronized-Dynamic-Attenuators-Wind-induced-Oscillations.pdf>
3. *Fujino Y., Yoshida Y.* Wind-Induced Vibration and Control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge // *J. Struct. Eng.* 2002. Vol. 128(8). Pp. 1012—1025.
4. Aerodynamic stability of Trans-Tokyo Bay Highway Bridge / S. Hirai, A. Honda, H. Kato, O. Yoshida, I. Okauchi // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1999. Vol. 49. Pp. 487—496. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90043-N](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(93)90043-N)
5. Aerodynamic stability of Kansai international airport access bridge / A. Honda, N. Shiraishi, M. Matsumoto, Y. Fuse, K. Sumi, N. Sasaki // *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*. 1993. Vol. 49. Pp. 533—542. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(90\)90052-E](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(90)90052-E)
6. *Kusuhara S., Yamada I., Toyama N.* Reevaluation on aerodynamic stability of steel box girder // *The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*, November 8—12, 2009, Taipei, Taiwan. URL: [http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A\\_1.pdf](http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A_1.pdf)
7. *Larsen A., Svensson E., Andersen H.* Design aspects of tuned mass dampers for the Great Belt East Bridge approach spans // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 1995. 54/55. Pp. 413—426. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00057-K](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(94)00057-K)
8. On wind resistant design of Central Japan International Airport Access Roadway Bridge / S. Tokinori, T. Yokosato, S. Saeki, S. Tokoro, A. Kishi // *Proceedings of National Symposium on Wind Engineering*. 2002. Vol. 17. Pp. 481—486.
9. Countermeasure against vortex induced vibration in the approaching viaduct of Oshima Ohashi / M. Yoshimura, T. Hara, S. Tokoro, K. Honda // *Proc. 7th Symposium on Motion and Vibration Control / Japan Society of Mechanical Engineers*. Pp. 383—386.
10. Enhancement of the Chong Qi Bridge Project girder sections to reduce vortex shedding induced oscillations by applying passive Tuned Mass Damper Systems / Christian Meinhardt, Xijuen Yin, Yong Luo, Xinliang Gao // *Proceedings of the 9th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN 2014*. Porto, Portugal, 30 June — 2 July 2014. URL: [http://paginas.fe.up.pt/~eurodyn2014/CD/papers/223\\_MS09\\_ABS\\_1602.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~eurodyn2014/CD/papers/223_MS09_ABS_1602.pdf)
11. *Загора А. Л., Казакевич М. И.* Гашение колебаний мостовых конструкций. М.: Транспорт, 1983. 134 с.
12. *Александров А. В., Потапов В. Д., Зылев В. Б.* Строительная механика. В 2 кн. Кн. 2. Динамика и устойчивость упругих систем: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2008. 384 с.
13. *Пановко Я. Г.* Внутреннее трение при колебания упругих систем. М.: Государственное изд-во физико-математической литературы, 1960. 196 с.
14. *Журбина И. Н.* Математическое и физическое моделирование колебаний пластин в гидроупругой постановке с учетом сопротивления : дис... канд. физ.-мат. наук. Комсомольск-на-Амуре, 2013. 135 с.
15. *Пономаренко С. А.* Расчетное обоснование гидродинамического способа гашения колебаний балочных неразрезных мостов // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2015. Вып. 41(60). С. 114—129.
16. *Наумова Г. А., Пономаренко С. А.* Гидродинамический способ гашения колебаний мостовых пролетов // *Вестник гражданских инженеров*. 2012. № 6(35). С. 51—59.
17. *Саманов В. В., Пономаренко С. А., Наумова Г. А.* Устройство гидродинамического гасителя колебаний мостового пролета: пат. № 2475586 Российская Федерация. 2013. Бюл. № 5. 5 с.

18. Саманов В. В., Пономаренко С. А., Наумова Г. А. Устройство гидродинамического гасителя колебаний мостового пролета: пат. № 111146 Российская Федерация. 2001. Бюл. № 34. 3 с.

19. Пономаренко С. А. Прочностной расчет плиты поршня гидродинамического гасителя колебаний балочных неразрезных мостов // Интернет-журнал «Науковедение». 2014 № 5(24) URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/24KO514.pdf>

© Наумова Г. А., Пономаренко С. А., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Наумова Г. А., Пономаренко С. А. Оценка аэродинамической устойчивости балочных неразрезных мостов в зарубежной и отечественной нормативной документации // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 133—144.

Об авторах:

**Наумова Галина Алексеевна** — д-р техн. наук, профессор, председатель правления, НП «Волгоградский региональный научно-технический центр». Российская Федерация, 400131, Волгоград, ул. Комсомольская, 10, [n-ga@bk.ru](mailto:n-ga@bk.ru)

**Пonomаренко Светлана Александровна** — инженер-конструктор, ООО «Группа компаний «Технический аудит и управление недвижимостью». Российская Федерация, 400087, Волгоград, ул. Невская, 12, [svetlanaponomarenko@yandex.ru](mailto:svetlanaponomarenko@yandex.ru)

**G. A. Naumova, S. A. Ponomarenko**

## THE ASSESSMENT OF AERODYNAMIC STABILITY OF CONTINUOUS GIRDER BRIDGES IN FOREIGN AND NATIONAL CODES AND STANDARDS

In the article the retrospective analysis of continuous girder bridges as dissipative vibration systems is carried out. The factual analysis of the cases of bridge oscillations is made. It indicates the persistence of this phenomenon. The description of the Russian and foreign codes and standards used for the assessment of aerodynamic stability of continuous girder bridges is provided.

**Key words:** oscillation system, continuous girder bridge, aerodynamic instability, vibrations, codes and standards.

### REFERENCES

1. Battista Ronaldo C., Pfeil Miche`le S. Reduction of vortex-induced oscillations of Rio-Niteroi bridge by dynamic control devices. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2000, no. 84, pp. 273—288. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105\(99\)00108-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6105(99)00108-7)
2. Battista R. C. Multiple Synchronized Dynamic Attenuators of Wind-induced Oscillations of Rio-Niteroi Bridge. *Society of Experimental Mechanics*. URL: <http://sem-proceedings.com/23i/sem.org-IMAC-XXIII-Conf-s08p02-Multiple-Synchronized-Dynamic-Attenuators-Wind-induced-Oscillations.pdf>
3. Fujino Y., Yoshida Y. Wind-Induced Vibration and Control of Trans-Tokyo Bay Crossing Bridge. *J. Struct. Eng.*, 2002, 128(8), pp. 1012—1025.
4. Hirai S., Honda A., Kato H., Yoshida O., Okauchi I. Aerodynamic stability of Trans-Tokyo Bay Highway Bridge. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1999, 49, pp. 487—496. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90043-N](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(93)90043-N)
5. Honda A., Shiraishi N., Matsumoto M., Fuse Y., Sumi K., Sasaki N. Aerodynamic stability of Kansai international airport access bridge. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 1993, 49, pp. 533—542. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(90\)90052-E](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(90)90052-E)
6. Kusuhara S., Yamada I., Toyama N. Reevaluation on aerodynamic stability of steel box girder. *The Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering*, November 8—12, 2009, Taipei, Taiwan. URL: [http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A\\_1.pdf](http://www.iawe.org/Proceedings/7APCWE/T3A_1.pdf)

7. Larsen A., Svensson E., Andersen H. Design aspects of tuned mass dampers for the Great Belt East Bridge approach spans. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1995, 54/55, pp. 413—426. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105\(94\)00057-K](http://dx.doi.org/10.1016/0167-6105(94)00057-K)
8. Tokinori S., Yokosato T., Saeki S., Tokoro S., Kishi A. On wind resistant design of Central Japan International Airport Access Roadway Bridge. *Proceedings of National Symposium on Wind Engineering*, 2002, 17, pp. 481—486.
9. Yoshimura M., Hara T., Tokoro S., Honda K. Countermeasure against vortex induced vibration in the approaching viaduct of Oshima Ohashi. *Proc. 7th Symposium on Motion and Vibration Control*. Pp. 383—386.
- 10 Christian Meinhardt, Xijuen Yin, Yong Luo, Xinliang Gao. Enhancement of the Chong Qi Bridge Project girder sections to reduce vortex shedding induced oscillations by applying passive Tuned Mass Damper Systems. *Proc. of the 9th Int. Conf. on Structural Dynamics, EURODYN 2014*. Porto, Portugal, 30 June — 2 July 2014. URL: [http://paginas.fe.up.pt/~eurodyn2014/CD/papers/223\\_MS09\\_ABS\\_1602.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~eurodyn2014/CD/papers/223_MS09_ABS_1602.pdf)
11. Zakora A. L., Kazakevich M. I. *Gashenie kolebanii mostovykh konstruksii* [Bridge oscillation suppression]. Moscow, Transport Publ., 1983. 134 p.
12. Aleksandrov A. V., Potapov V. D., Zylev V. B. *Stroitel'naya mekhanika. V 2 kn. Kn. 2. Dinamika i ustoychivost' uprugikh sistem* [Structural mechanics. In 2 books. Book 2. Dynamics and stability of elastic systems]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2008. 384 p.
13. Panovko Ya. G. *Vnutrennee trenie pri kolebaniya uprugikh sistem* [Internal friction at elastic system oscillation]. Moscow, State Publishing House of Physical and Mathematical Literature, 1960. 196 p.
14. Zhurbina I. N. *Matematicheskoe i fizicheskoe modelirovanie kolebanii plastin v gidrouprugoi postanovke s uchetom soprotivleniya* [Mathematical and physical simulation of plate oscillation in hydroelastic position taking into account the resistance. Cand. Phys-Mat. Sci. Diss.]. Komsomolsk-on-Amur, 2013. 135 p.
15. Ponomarenko S. A. [Design-basis justification of hydrodynamic way of oscillation damping of continuous girder bridges]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 114—129.
16. Naumova G. A., Ponomarenko S. A. [The hydrodynamic way of damping bridge spans` oscillations]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2012, no. 6(35), pp. 51—59.
17. Samanov V. V., Ponomarenko S. A., Naumova G. A. *Ustroistvo gidrodinamicheskogo gasitelya kolebanii mostovogo proleta* [The device of hydrodynamic bridge oscillation suppressor. Pat. no. 2475586 Russian Federation, 2013, Bulletin no. 5, 5 p.].
18. Samanov V. V., Ponomarenko S. A., Naumova G. A. *Ustroistvo gidrodinamicheskogo gasitelya kolebanii mostovogo proleta* [The device of hydrodynamic bridge oscillation suppressor. Pat. no. 111146 Russian Federation, 2001, Bulletin no. 34, 3 p.].
19. Ponomarenko S. A. [Structural analysis of the piston's plate of hydrodynamic damper continuous girder bridge oscillations]. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»* [World of Science. Pedagogy and psychology], 2014, no. 5(24). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/24KO514.pdf>

*For citation:*

Naumova G. A., Ponomarenko S. A. [The assessment of aerodynamic stability of continuous girder bridges in foreign and national codes and standards]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 133—144.

*About authors:*

**Naumova Galina Alekseevna** — Doctor of Engineering Sciences, Professor, CEO, "Volgograd Regional Research and Development Center" non-profit organization. 10, Komsomolskaya St., Volgograd, 400131, Russian Federation, [n-ga@bk.ru](mailto:n-ga@bk.ru)

**Ponomarenko Svetlana Aleksandrovna** — Civil Engineer, «Group of Companies "Technical Audit and Property Management"» LLC. 12, Nevskaya St., Volgograd, 400087, Russian Federation, [svetlanaponomarenko@yandex.ru](mailto:svetlanaponomarenko@yandex.ru)

УДК 624.042.8

**Э. В. Ретлинг, Е. В. Гурова**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **О ЧАСТОТНОМ СПЕКТРЕ КРУГОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ**

Приводится расчет частотного спектра изгибных колебаний стенки круговой цилиндрической оболочки при возбуждении ее колебаний в точке. Полученные величины сравниваются с результатами измерений. Приводится методика экспериментальных исследований. Описаны причины расхождения теоретических и экспериментальных значений частотного спектра.

**Ключевые слова:** частотный спектр, цилиндрическая оболочка, колебания, резонанс.

Замкнутые тонкие круговые цилиндрические оболочки находят широкое применение в различных отраслях техники, технологии, в том числе строительстве. В условиях эксплуатации обычно они подвергаются действию интенсивных динамических, в частности периодических, нагрузок, что может привести к возникновению различных сложных нестационарных процессов, нежелательных с точки зрения обеспечения прочностных характеристик как отдельных конструктивных элементов, так и конструкции в целом. Этим объясняется постоянный интерес исследователей к проблемам динамики оболочек.

Целью решения задач динамики оболочек в части определения частот и форм собственных колебаний было выявление и прогнозирование резонансных ситуаций при воздействии на оболочку внешних периодических нагрузок и воздействий. Практическая важность этих явлений дала толчок появлению и развитию большого количества исследований в области динамики оболочек [1—5].

Во многих случаях решение проблемы динамической прочности оболочки связано с изучением взаимодействия ее упругих колебаний. На практике чаще всего наблюдается взаимодействие изгибных форм колебаний (сопряженных и несопряженных). Это объясняется тем, что низшие частоты собственных изгибных колебаний оболочки, как правило, много меньше основных частот продольных, крутильных и радиальных колебаний. Наиболее сильно взаимодействие изгибных (балочных) форм проявляется при колебаниях с большими амплитудами и при наличии определенных соотношений между собственными частотами, вследствие чего могут возникать интенсивные колебания по формам, непосредственно не возбуждаемым внешней нагрузкой, но способным привести к аварийной ситуации.

В данной работе рассматривается частотный спектр изгибных колебаний стенки круговой цилиндрической оболочки. Собственные частоты таких колебаний можно определить с использованием математических зависимостей, предложенных М. Хеклем [3]:

$$\omega_{n,m}^2 = \frac{c_l^2}{a^2} \left\{ \frac{x_z^4}{(n^2 + x_z^2)^2} + \frac{h^2}{12a^2} \left[ (n^2 + x_z^2)^2 - \frac{4-\nu}{2(1-\nu)} n^2 + \frac{2+\nu}{2(1-\nu)} \right] \right\}. \quad (1)$$

$$\text{Здесь } x_z = \frac{m\pi a}{l};$$

где  $v$  — коэффициент Пуассона;  $n$  — половина количества узловых линий по окружности цилиндра.

Для нахождения первой резонансной частоты предлагается следующий подход. Предположим, что  $x_z = \text{const}$ , а переменной величиной является  $n$ . Тогда, приравняв нулю вторую производную приведенной выше формулы (1), получим величину  $n$ , при которой значение  $\omega^2$  будет иметь минимальное значение. В данном случае разрешающее соотношение имеет вид:

$$n = \sqrt{0,75 \frac{4-v}{2(1-v)} - \left( \frac{m\pi a}{l} \right)^2}. \quad (2)$$

Поскольку  $n$  обычно имеет дробное значение, то следует вычислить  $\omega^2$ , подставляя два целых ближайших значения  $n$  — одно большее, а другое меньшее дробной величины.

Частоты балочных форм колебаний цилиндрической оболочки можно определить по известным в литературе [1—5] формулам с учетом соответствующих условиям задачи граничных условий.

При экспериментальных исследованиях частотного спектра цилиндрической оболочки сила, возбуждающая ее колебания, должна все время оставаться постоянной. Ее величина должна быть известна в каждый момент времени. В качестве возбудителя колебаний оболочки использовался генератор механических колебаний ГМК-1. Генератор механических колебаний по существу является магнитным вибратором с постоянным магнитом. Генератор присоединен к исследуемой цилиндрической оболочке с помощью штифта.

Генератор ГМК-1 представляет собой постоянный магнит цилиндрической формы, в зазоре которого находится подвижная катушка, которая удерживается с помощью подвески. Если в катушку подать ток, то на нее начнет действовать втягивающая или выталкивающая сила. Значение этой силы зависит от величины тока в катушке, соответственно необходимо найти значение коэффициента пропорциональности, характеризующее эту зависимость. Для этого производится тарировка ГМК-1. К генератору присоединяют тарировочную массу  $m$ . Если в катушке протекает ток  $i$ , то на нее действует сила  $P = ki$ , где  $k$  — искомый коэффициент пропорциональности. Эта сила уравновешивается силой инерции тарировочной массы и упругой силой деформации подвески, которую можно не учитывать в случае ее замены «эквивалентной» массой. Итак, имеем равенство:

$$P = F \text{ или } ki = ma,$$

отсюда  $k = ma/i$ .

Здесь  $m = m_1 + m_2 + m_0$ ;  $m_1$  — масса вибродатчика;  $m_2$  — тарировочная масса;  $m_0$  — приведенная масса подвижной системы генератора.

Приведенную массу подвижной системы находим в следующей последовательности: прикрепляем к ней вибродатчик и определяем резонансную частоту подвижной системы  $f_p'$ . Затем прикрепляем тарировочную массу с виб-

родатчиком и определяем резонансную частоту  $f_p''$ . Таким образом, в результате получим два соотношения

$$f_p' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_0}}; \quad (3)$$

$$f_p'' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_1 + m_2 + m_0}}. \quad (4)$$

Исключив из (3) и (4)  $k$ , найдем величину  $m_0$ , которая является постоянной. Теперь можно приступить к измерению коэффициента пропорциональности  $k$ . Для этого собираем измерительный тракт по схеме, представленной на рис. 1.

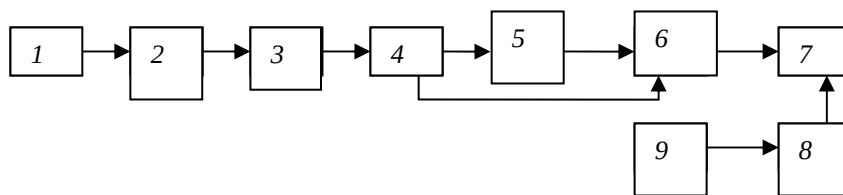


Рис. 1. Схема измерительного тракта для определения коэффициента пропорциональности: 1 — генератор белого шума; 2 — 1/3 октавный фильтр; 3 — предварительный усилитель; 4 — усилитель мощности; 5 — миллиамперметр; 6 — генератор ГМК-1; 7 — вибродатчик; 8 — предварительный усилитель; 9 — спектрометр звуковых частот

Измерения можно провести два раза: первый раз с массой  $m_1 + m_2 + m_0$ , второй раз с массой  $m_1 + m_0$ . Затем полученные результаты усредняются. В итоге мы получаем частотную характеристику коэффициента пропорциональности  $k$ . Измерения проводим с помощью белого шума. Для контроля эта операция повторялась на чистом тоне, после чего полученные результаты усреднялись. Математические соотношения, реализующие предложенный подход, получены с учетом зависимостей, изложенных в [6—15].

Для измерения собственных частот колебаний цилиндрической оболочки использовались следующие тракты (рис. 2).



Рис. 2. Схемы передающего (а) и приемного (б) трактов: 1 — звуковой генератор; 2 — усилитель мощности; 3 — генератор механических колебаний ГМК-1; 4 — вибродатчик; 5 — предварительный усилитель; 6 — частотомер; 7 — ламповый вольтметр; 8 — миллиамперметр

При исследовании частотного спектра круговой цилиндрической оболочки использовалась экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 3.

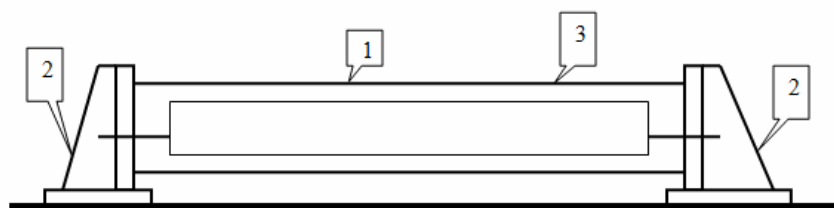


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 — круговая цилиндрическая оболочка; 2 — стальные опоры; 3 — звукопоглощающая конструкция из отдельных стержней, внутри которых находится минеральная вата

Цилиндрическая оболочка 1 выполнена из листовой стали толщиной 1,5 мм. Ее длина составляет 1100 мм, а наружный диаметр равен 234 мм. Опоры 2 изготовлены из стальных пластин толщиной 20 мм, соединенных между собой с помощью сварки. Оболочка крепилась к опорам круглыми стяжными кольцами. Звукопоглощающая конструкция 3 уменьшала колебания воздушного объема внутри оболочки.

Согласно М. Хеклю [3], все цилиндрические оболочки можно разделить на два типа: короткие оболочки большого диаметра (при  $l/a < 50$ ) и длинные оболочки малого диаметра (при  $l/a > 50$ ). Для представленной экспериментальной установки верно соотношение  $l/a = 4,64 < 50$ . Соответственно, экспериментальные исследования выполнены для короткой оболочки большого диаметра.

Все экспериментальные исследования проводились при возбуждении колебаний оболочки в одной точке. Усилие, развиваемое механическим генератором ГМК-1, составляло 0,9 Н.

Результаты измерений частотного спектра цилиндрической оболочки и их сравнение с расчетными величинами приведены в табл. 1.

*Результаты исследования частотного спектра круговой цилиндрической оболочки*

| Искомые величины  | Частота, Гц                                         |
|-------------------|-----------------------------------------------------|
| Теоретические     | 230 250 440 497 702 797                             |
| Экспериментальные | 260 295 405 630 740 800 920 980 1040 1140 1260 1400 |

Причины расхождения расчетных и измеренных величин резонансных частот могут объясняться следующим. При любых измерениях неизбежно возникает некоторая погрешность. Кроме того, при определении резонансных частот использовались табличные (теоретические) значения модуля упругости, коэффициента Пуассона и скорости продольных волн в материале оболочки. Несмотря на это, соответствие величин расчетных и измеренных частот резонансов можно считать удовлетворительным. Наибольшее расхождение наблюдается между измеренной частотой 630 Гц и расчетной частотой 497 Гц.

Средняя колебательная скорость круговой цилиндрической оболочки выражается формулой, представленной в [1]:

$$\bar{v}^2 = \frac{|F^2|}{4\pi^2 a^2 l^2} \cdot \frac{\pi}{2\omega\rho^2 h^2 \eta} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta\omega}.$$



Здесь  $F$  — сила, действующая на цилиндрическую оболочку;  $\Lambda N$  — количество собственных частот в рассматриваемом частотном диапазоне;  $\eta$  — коэффициент потерь оболочки;  $\rho h$  — поверхностная плотность оболочки;  $\Lambda\omega$  — рассматриваемый диапазон частот;  $\Lambda\omega = 2\pi\Lambda f$ .

Плотность собственных частот круговой цилиндрической оболочки (количество частот, приходящихся на единицу частотного диапазона) выражается формулами, приведенными в [4]:

$$\frac{\Lambda N}{\Lambda f} = \frac{2\sqrt{3}S}{\pi c_l h} (k_l a)^{0,5} \text{ для } k_l a < 1;$$

$$\frac{\Lambda N}{\Lambda f} = \frac{\sqrt{3}S}{c_l h} \text{ для } k_l a > 1.$$

Здесь  $S = 2\pi a l$ ,  $k_l = \omega / c_l$ ,  $c_l$  — скорость продольных волн в материале оболочки.

Таким образом, на основе вышесказанного можно сделать вывод о применимости соотношения (1), полученного М. Хеклем [3], к оценке частот низкочастотной области спектра круговой цилиндрической оболочки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1964. 440 с.
2. Скучик Е. Простые и сложные колебательные системы. М.: Мир, 1971. 560 с.
3. Heckl M. Shallabstrahlung von punktförmig angeregten Hohlzylindern // *Acustica*. 1959. Vol. 9. № 2.
4. Даер И. Колебания корпуса космического аппарата под действием шума ракетных двигателей // *Случайные колебания = Random Vibration* / ред. С. Кренделл, А. А. Первозванский. М.: Мир, 1967. С. 192—210.
5. Харкевич А. А. Спектры и анализ. М.: Гостехиздат, 1957. 236 с.
6. Ретлинг Э. В. Об излучении звука прямоугольной пластиной при возбуждении ее колебаний в точке // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. 2014. № 3 (34). Ст. 8. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=117>
7. Ретлинг Э. В. Об излучении звука прямоугольной пластиной при возбуждении ее колебаний по линии // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. 2014. № 3 (34). Ст. 9. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=117>
8. Ретлинг Э. В. Об излучении звука цилиндрической оболочкой // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. 2012. № 1 (20). Ст. 43. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>
9. Бейтмен Г., Эрдейи А. Таблицы интегральных преобразований. Т. 1. Преобразования Фурье, Лапласа, Меллина. М., 1969
10. Диткин А., Прудников А. П. Операционное исчисление // *Итоги науки. Сер. Математика. Мат. анализ*. 1964. М.: ВИНТИ, 1966. С. 7—75.
11. Абрамовиц М., Стиган И. (ред.). Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. М.: Наука, 1979. 832 с.
12. Волков И. К., Канатников А. Н. Интегральные преобразования и операционное исчисление. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 227 с.
13. Двайт Г. Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М.: Наука, 1966. 228 с.
14. Уфлянд Я. С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. Л.: Наука, 1968. 872 с.
15. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды Т. 1. М.: Наука, 1981.

© Ретлинг Э. В., Гурова Е. В., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

**Ссылка для цитирования:**

Ретлинг Э. В., Гурова Е. В. О частотном спектре круговой цилиндрической оболочки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 145—151.

**Об авторах:**

**Ретлинг Эрнст Владимирович** — д-р техн. наук, профессор кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, rettling@yandex.ru

**Гурова Елена Владимировна** — канд техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

**E. V. Retling, E. V. Gurova**

**THE FREQUENCY SPECTRUM OF A CIRCULAR CYLINDRICAL SHELL**

The calculation of a frequency spectrum of curve oscillation of circular cylindrical shell wall by point excitation is given. The received results are compared with the measurement results. The methodology of experimental investigations is provided. The causes of a divergence between experimental and theoretical values of a frequency spectrum are described.

**Key words:** frequency spectrum, cylindrical shell, oscillation, resonance.

**REFERENCES**

1. Strelkov S. P. *Vvedenie v teoriyu kolebaniy* [Introduction to the oscillation theory]. Moscow, Nauka, 1964, 440 p.
2. Skuchik E. *Prostye i slozhnye kolebatel'nye sistemy* [Simple and complex oscillation systems]. Moscow, Mir, 1971, 560 p.
3. Heckl M. Schallabstrahlung von punktförmig angeregten Hohlzylindern. *Acustica*, 1959, 9(2).
4. Daer I. Vibrations of the casing of a space vehicle under the impact of missile engine noise. *Sluchainye kolebaniya = Random Vibration* [Random Vibration = Random Vibration] / editors S. Krendell, A. A. Pervozvanskii. Moscow, Mir, 1967, pp. 192—210.
5. Kharkevich A. A. *Spektry i analiz* [Spectra and analysis]. Moscow, Gostekhizdat, 1957, 236 p.
6. Retling E. V. [Acoustic radiation of rectangular plate under point vibration excitation]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 3 (34), paper 8. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=117>
7. Retling E. V. [Acoustic radiation of rectangular plate under linear vibration excitation]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 3 (34), paper 9. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=117>
8. Retling E. V. [On the acoustic radiation of cylindrical shell]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2012, no. 1 (20), paper. 43. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>
9. Beitmen G., Erdei A. *Tablitsy integral'nykh preobrazovaniy* [Integrated transformation tables]. V. 1, Fourier, Laplace, Mellin transformations. Moscow, 1969.
10. Ditkin A., Prudnikov A. P. Operational calculus. *Itogi nauki. Ser. Matematika. Mat. anal.* [Science Results. Series Mathematics. Mathematical Analysis]. 1964, Moscow, VINITI, 1966, pp. 7—75.
11. Abramovits M., Stigan I. (editor). *Spravochnik po spetsial'nym funktsiyam s formulami, grafikami i matematicheskimi tablitsami* [Reference book on special functions with formulas, graphs and mathematical tables]. Moscow, Nauka, 1979, 832 p.
12. Volkov I. K., Kanatnikov A. N. *Integral'nye preobrazovaniya i operatsionnoe ischislenie* [Integrated transformations and operational calculus]. Moscow, BMSTU, 2002, 227 p.
13. Dwight H.R. *Tablitsy integralov i drugie matematicheskie formuly* [Tables of Integrals and Other Mathematical Data]. Moscow, nauka Publ., 1966. 228 p.
14. Uflyand Ya. S. *Integral'nye preobrazovaniya v zadachakh teorii uprugosti* [Integrated transformations in elasticity theory tasks]. Leningrad, Nauka, 1968, 872 p.
15. Prudnikov A. P., Brychkov Yu. A., Marichev O. I. *Integraly i ryady* [Integrals and ranges]. v. 1, Moscow, Nauka, 1981.

*For citation:*

Retling E. V., Gurova E. V. [The frequency spectrum of a circular cylindrical shell]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 145—151.

*About authors:*

**Retling Ernst Vladimirovich** — Doctor of Engineering Science, Professor of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [retling@yandex.ru](mailto:retling@yandex.ru)

**Gurova Elena Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [eun.cafedra@yandex.ru](mailto:eun.cafedra@yandex.ru)

УДК 62-82:69.002.5

**Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, Ю. М. Фетисов**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ЗАТВОР ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ГИДРОПРИВОДА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН**

Предлагается конструкция гидравлического затвора исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин. Основой технического решения является разработка механизма блокировки утечки рабочей жидкости в пространство между упором и мембраной газовой камеры исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин. Газовая камера выполняет функцию гасителя энергии гидравлического удара, возникающего при срабатывании запорного устройства.

Сутью конструктивного исполнения является обеспечение надежного уплотнения штока клапана газовой камеры запорного устройства системы защиты гидропривода и предотвращение просачивания рабочей жидкости из области высокого давления в пространство между упором и мембраной газовой камеры во время закрытия клапана и перекрытия поврежденной гидролинии гидравлической системы строительно-дорожных машин при разрушении рукавов высокого давления. Предлагаемая конструкция отличается от прототипа тем, что в газовой камере, которая является гасителем энергии гидравлического удара, возникающего при резком перепаде давления в напорной и сливной гидролинии при срабатывании запорного устройства, образованной сферической поверхностью упора запорного устройства и мембраной, размещен гидравлический затвор, который препятствует перетеканию из выходной полости запорного устройства в газовую камеру рабочей жидкости. Механизм гидравлического затвора запорного устройства основан на принципе создания противодействия в пространстве между уплотнительными кольцами, охватывающими шток клапана, неподвижно соединенного с мембраной газовой камеры. Противодействие в гидравлическом затворе исключает просачивание и увеличение объема рабочей жидкости в пространство между упором и мембраной газовой камеры исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин, способствует быстрдействию срабатывания клапана запорного устройства системы защиты гидропривода при несанкционированном разрушении рукавов высокого давления и выбросе рабочей жидкости в атмосферу.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** гидравлическая система, гидропривод, система защиты гидропривода, запорное устройство, гидравлический удар, гидравлический затвор, газовая камера, рукав высокого давления.

Выброс в атмосферу рабочей жидкости при разрушении рукавов высокого давления строительно-дорожных машин, как правило минеральных или синтетических масел, наносит ущерб экологической безопасности окружающей среде, в виде загрязнения почвы и водоемов, приводит к невозможным потерям биоресурсов, высоким экономическим затратам [1—12]. Основной причиной таких последствий является низкая надежность арматуры гидравлических систем строительно-дорожных машин и систем защиты гидроприводов от несанкционированного выброса рабочей жидкости в результате разрушения рукавов высокого давления. Разрушение арматуры рукавов высокого давления провоцируется, как правило, необоснованной энергонасыщенностью гидропривода, ростом рабочего давления в гидроприводах машин, а также тяжелым режимом работы в сложных природно-климатических условиях.

Во избежание таких последствий в строительно-дорожных машинах рабочее давление ограничено верхней регламентированной границей рабочего давления, что позволяет снизить энергоемкость гидропривода и, соответст-

венно, предельную нагрузку на гидроаппаратуру без ущерба производительности рабочей машины.

Для повышения надежности гидравлических систем строительно-дорожных машин проделана значительная работа по совершенствованию конструкции гибких рукавов высокого давления, созданию новых способов защиты, а также по модернизации существующих систем. Авторами разработан ряд мероприятий в решении данной проблемы, запатентованы оригинальные решения [13—28], в том числе предлагаемое техническое решение.

Анализ долговечности и надежности рукавов высокого давления показывает, что прочность оплеточной и навивочной арматуры рукавов в основном достигается путем улучшения механических свойств материала и технологии их изготовления. Установлено, что в условиях циклических нагрузок оплеточная арматура по прочности уступает навивочной. Однако, при длительных циклических нагрузках и номинальном давлении (18...20 МПа), разрушению подвергаются и навивочные рукава, что приводит к несанкционированного выбросу рабочей жидкости в атмосферу. Авторами разработан вариант рукава высокого давления [26—28] с прочной оболочкой и камерой, заполненной под давлением воздухом или инертным газом, которые снижают динамические нагрузки на стенки рукава, поглощают энергию пульсирующего давления в гидравлической системе, способствуют повышению ресурса.

Борьба с потерями рабочей жидкости при несанкционированном выбросе ее в атмосферу ведется не только в направлении повышения надежности и долговечности рукавов высокого давления, но и в направлении создания новых способов защиты гидропривода или модернизации существующих, некоторые из которых запатентованы авторами [20—25]. Модернизация существующих способов защиты и элементов гидропривода рабочих органов строительно-дорожных машин направлена не только на повышение прочности рукавов, но и обеспечение быстродействия запорного устройства защиты гидравлической системы от несанкционированного выброса рабочей жидкости при разрушении рукавов высокого давления.

Существующие способы защиты отличаются друг от друга принципом действия, местом расположения, функциональными параметрами, типом сигнального устройства. У большинства защитных устройств после срабатывания исполнительного механизма потери рабочей жидкости составляют от 3 до 10 л, например, у пневмоэлектрического типа защиты — 6...8 л, у поплавковой системы защиты — до 10 л, для гидропневматической системы защиты потери рабочей жидкости составляют 0,5...1,2 л, а для гидромеханических — 0,17 л. Из анализа функциональных возможностей защиты гидропривода можно сделать заключение, что наиболее эффективным является гидромеханический способ защиты.

Исследования показывают, что в их конструкции также имеются недостатки, которые снижают эффективность защиты гидропривода, например, в системе защиты гидропривода [25] (рис. 1) в рабочем состоянии гидросистемы рабочая жидкость под давлением просачивается из выходной полости запорного устройства через сопрягаемые поверхности штока клапана и упора между сферической поверхностью упора и мембраной в пространство, объем которого препятствует возвращению клапана в исходное положение. Это приводит к замедлению процесса перекрытия подпружиненным плунжером

канала выходного штуцера в момент срабатывания запорного устройства при разрушении рукавов высокого давления. Замедление возврата клапана в первоначальное положение обусловлено малым проходным сечением зазора между сопрягаемыми поверхностями штока клапана и упора и соответственно низкой скоростью возвращения под действием давления в газовой камере накопленного объема рабочей жидкости обратно в выходную полость через вышеупомянутый зазор. Кроме того, снижение быстродействия перекрытия выходного канала связано с образованием дополнительного давления в газовой камере во время заполнения пространства рабочей жидкостью между сферической поверхностью упора и мембраной, объем которого препятствует перемещению плунжера при закрытом клапаном канале плунжера и снижает быстродействие перекрытия канала выходного штуцера.

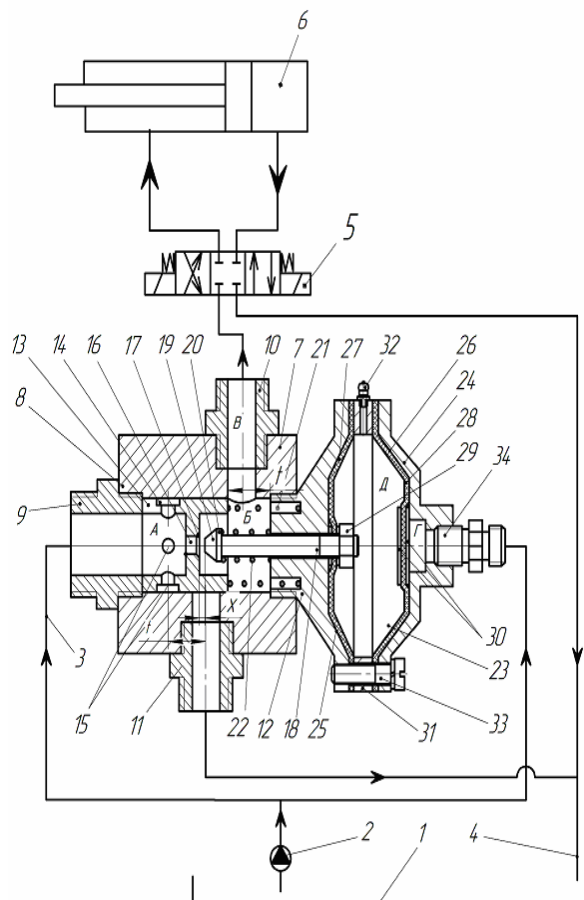


Рис. 1. Запорное устройство гидропривода с гидравлическим подпором: 1 — гидробак; 2 — насос; 3 — напорная гидролиния; 4 — линия слива; 5 — распределитель; 6 — гидродвигатель; 7 — запорное устройство; 8 — корпус; 9 — входной штуцер; 10 — выходной штуцер; 11 — сливной штуцер; 12 — упор; 13 — плунжер; 14 — кольцевая проточка; 15 — радиальные отверстия; 16 — осевой канал; 17 — коническое седло; 18 — подпружиненный клапан; 19 — конус клапана; 20 — буртик клапана; 21, 22 — пружина; 23 — газовая камера; 24 — крышка; 25 — полусфера упора; 26 — полусфера крышки; 27, 28 — мембрана; 29 — резьбовое соединение; 30 — пластина; 31 — кольцо; 32 — ниппель нагнетательный; 33 — винт; 34 — штуцер

Поэтому для повышения эффективности работы запорного устройства гидравлической системы нами разработана конструкция (рис. 2) гидравлического затвора исполнительного механизма запорного устройства, который размещен в упоре газовой камеры и выполненный в виде кольцевой полости, совмещенной со сквозным отверстием упора и сообщающейся с выходной полостью запорного устройства каналом. В кольцевой полости гидравлического затвора выполнены две проточки, в которые установлены уплотнительные кольца из эластичного материала, например маслостойкой резины. При работе устройства давление рабочей жидкости в кольцевой полости гидравлического затвора воздействует на уплотнительные кольца, препятствующие просачиванию рабочей жидкости через зазор между сопрягаемыми поверхностями штока клапана и упора в пространство между сферической поверхностью упора и мембраной герметичной газовой камеры. Использование гидравлического затвора позволяет повысить быстродействие перекрытия рукавов высокого давления запорным устройством системы защиты гидропривода при их разрушении. Одновременно для обеспечения перемещения подпружиненного плунжера до упора, гарантирующего надежное перекрытие канала выходного штуцера в конце хода подпружиненного плунжера, на его торце выполнена проточка под установку пружины.

Система защиты гидропривода содержит гидробак 1, насос 2, напорную гидролинию 3, линию слива 4 в гидробак, распределитель 5, гидродвигатель 6, запорное устройство 7.

Запорное устройство 7 включает в себя корпус 8, снабженный входным 9, выходным 10, сливным 11 штуцерами с каналами, и упором 12. Внутри корпуса 8 запорного устройства размещен подпружиненный плунжер 13 с входной полостью А, по наружной поверхности которого выполнена кольцевая проточка 14 на расстоянии от оси сливного штуцера 11, равном полному ходу  $t$  подпружиненного плунжера 13, и радиальные отверстия 15 на расстоянии от вертикальной оси сливного штуцера 11, равном также полному ходу  $t$  подпружиненного плунжера 13. Подпружиненный плунжер 13 размещается в корпусе 8 на расстоянии его полного хода  $t$  от упора 12 с образованием выходной полости Б, сообщающейся с каналом В выходного штуцера 10. Входная полость А сообщается с выходной полостью Б корпуса 8 посредством осевого канала 16 через проходное сечение  $x$ , образованное в открытом положении запорного устройства коническим седлом 17 подпружиненного плунжера 13 и клапаном 18, стержень которого свободно перемещается в сквозном отверстии упора 12. Клапан 18 снабжен конусом 19 с буртиком 20, который является упором пружины 21. В подпружиненном плунжере 13 выполнена проточка 22 для размещения пружины 23, предназначенной для возврата подпружиненного плунжера 13 в исходное положение. Упор 12 запорного устройства 7 снабжен крышкой 24, которая крепится на упоре посредством винтового соединения 25. В упоре 12 размещен гидравлический затвор 26, выполненный в виде кольцевой полости Г, совмещенной со сквозным отверстием упора 12, сообщающейся с выходной полостью Б каналом 27. Кольцевая полость Г гидравлического затвора 26 размещена между двумя проточками 28 и 29 для установки уплотнительных колец 30, выполненных из эластичного материала например маслостойкой резины.

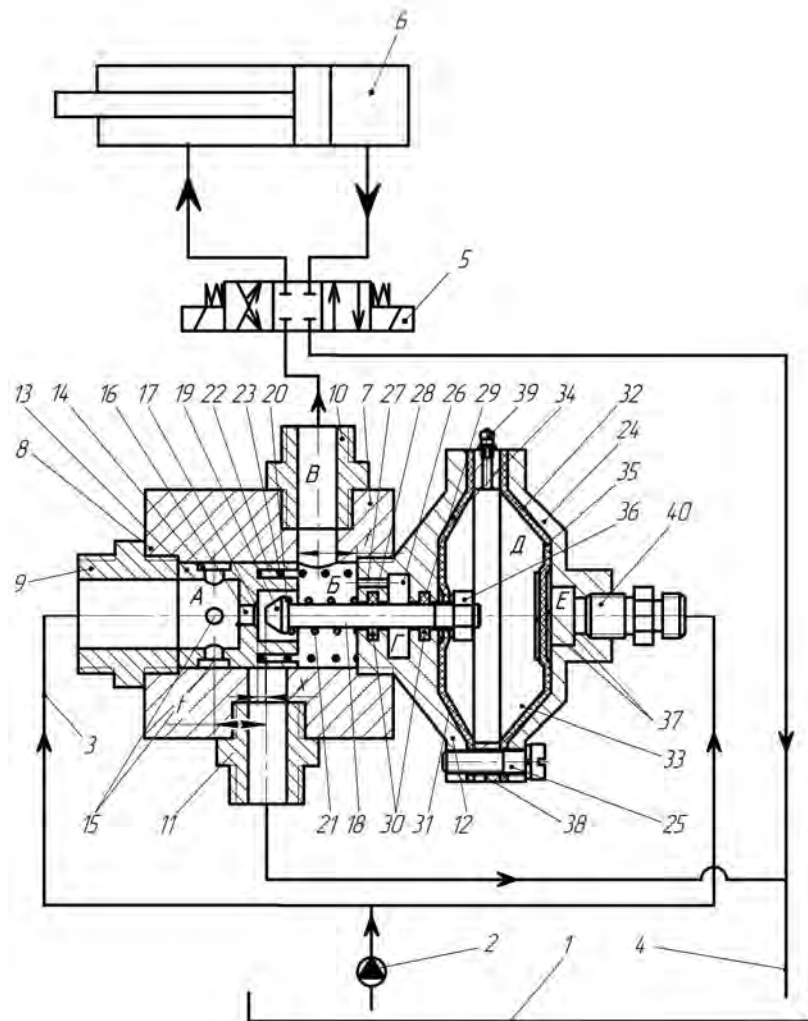


Рис. 2. Гидравлический затвор запорное устройство гидропривода: 1 — гидробак; 2 — насос; 3 — напорная гидролиния; 4 — линия слива; 5 — распределитель; 6 — гидродвигатель; 7 — запорное устройство; 8 — корпус; 9 — входной штуцер; 10 — выходной штуцер; 11 — сливной штуцер; 12 — упор; 13 — плунжер; 14 — кольцевая проточка; 15 — радиальные отверстия; 16 — осевой канал; 17 — коническое седло; 18 — подпружиненный клапан; 19 — конус клапана; 20 — буртик клапана; 21, 23 — пружина; 22 — проточка; 24 — крышка; 25 — винт; 26 — гидравлический затвор; 27 — канал; 28, 29 — проточка; 30 — уплотнительное кольцо; 31, 32 — полусфера; 33 — герметичная камера; 34, 35 — мембрана; 36 — резьбовое соединение; 37 — пластина; 38 — кольцо; 39 — нагнетательный ниппель; 40 — штуцер

Наружная поверхность упора 12 и внутренняя поверхность крышки 24 выполнены в виде полусфер 31 и 32 с образованием между ними герметичной газовой камеры 33 с полостью Д, предназначенной для поглощения энергии ударной волны, возникающей во время гидравлического удара при срабатывании клапана 18. Полусферы 31 и 32 снабжены мембранами 34 и 35, выполненными из эластичного материала, например резины. Мембрана 34 неподвижно соединена с клапаном 18 резьбовым соединением 36, а мембрана 35, для предотвращения ее от повреждения о кромку полости Е, защищена с двух



ее сторон пластинами 37 из прочного материала, диаметр которых превышает диаметр полости *Е*, и одновременно служит упором для клапана 18. Между упором 12 и крышкой 24 установлено кольцо 38, предназначенное для установки нагнетательного ниппеля 39. Кроме того, крышка 24 снабжена штуцером 40 для заполнения полости *Е* рабочей жидкостью.

Система защиты гидропривода работает следующим образом.

При неработающем гидроприводе давление рабочей жидкости в полостях *А*, *Б*, *В*, *Г* и *Е* одинаковое. Подпружиненный плунжер 13 под действием пружины 23 находится в крайнем левом положении, а клапан 18 в равновесном состоянии под действием пружины 21, упирающейся в упор 12, и силы давления на клапан 18, создаваемой в полости *Д* герметичной газовой камеры 33.

При выключенном распределителе 5 рабочая жидкость от насоса 2 через входную полость *А* подпружиненного плунжера 13, открытый канал 16, проходное сечение *х*, выходную полость *Б*, канал *В* выходного штуцера 10, переливной клапан распределителя 5 поступает на слив в гидробак 1. Поток жидкости при этом создает незначительный перепад давления между полостями *А* и *Б*. Подпор от такого перепада на подпружиненный плунжер 13 компенсируется пружиной 23, а на клапан 18 усилием пружины 21 и давлением в камерах *Д* и *Е*.

При включенном распределителе 5 рабочая жидкость от насоса 2 через входную полость *А* подпружиненного плунжера 13, открытый канал 16, проходное сечение *х*, выходную полость *Б*, канал *В* выходного штуцера 10, золотник распределителя 5 поступает в поршневую или штоковую полость гидродвигателя и приводит в движение рабочий орган машины. При этом в полостях *А*, *Б*, *В* и *Е* давление возрастает до уровня номинального, регламентированного эксплуатационной документацией. Такое же давление создается в полости *Г* гидравлического затвора 26, сообщаемой каналом 27 с выходной полостью *Б*. Создаваемое в полости *Г* давление воздействует на уплотнительные кольца 30, которые препятствует просачиванию через них рабочей жидкости из выходной полости *Б* запорного устройства 7 гидросистемы в пространство между сферической поверхностью упора 12 и мембраны 34 газовой камеры 33, способствует согласованному взаимодействию плунжера 13 и клапана 18 и быстродействию при срабатывании запорного устройства.

При разрыве рукавов питания гидропривода давление в выходной полости *Б* мгновенно падает и из-за перепада давления рабочей жидкости в полостях *А* и *Б* подпружиненный плунжер 13, преодолевая сопротивление пружины 23, двигается вправо и встречается с клапаном 18, закрывая при этом проходное сечение *х*. Резкий перепад давления в полостях *А* и *Б* сопровождается гидравлическим ударом, энергия ударной волны которого приводит к ударным нагрузкам на конус 19 клапана 18 и седло 17 канала 16 плунжера 13, вызывая колебательный процесс плунжера 13 и клапана 18, т. е. к циклическим ударным нагрузкам в период затухания ударной волны, снижающим эксплуатационную надежность и долговечность работы системы защиты гидропривода в целом.

Негативный процесс гидравлического удара нейтрализуется газовой камерой 33 и гидравлическим затвором 26. Полость *Д* герметичной газовой камеры 33, за счет высокой сжимаемости газа, поглощает энергию ударной волны гидравлического удара и сглаживает динамическое воздействие на контактную поверхность седла 17 отверстия 16 плунжера 13 и конусную поверхность 19 клапана 18, способствует снижению износа их контактных поверхностей, а полость *Г* гидравлического затвора препятствует просачива-

нию через уплотнение 30 рабочей жидкости из выходной полости Б в полость герметичной газовой камеры Д и способствует согласованному взаимодействию плунжера 13 и клапана 18 при срабатывании запорного устройства, тем самым также повышается быстродействие срабатывания клапана, надежность и долговечность системы защиты гидропривода.

Таким образом, предлагаемая модернизация защиты гидропривода, в сравнении с прототипом, за счет применения гидравлического затвора предотвращает просачивание рабочей жидкости из выходной полости запорного устройства гидросистемы через сопрягаемые поверхности штока клапана и упора в пространство между сферической поверхностью упора и мембраной герметичной газовой камеры, препятствующей снижению быстродействию перекрытия запорным устройством системы защиты гидропривода гидролинии от несанкционированного выброса рабочей жидкости при разрушении рукавов высокого давления, повышает эффективность системы защиты, эксплуатационную надежность и экологическую безопасность гидропривода рабочих органов машин.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пындак В. И., Строков В. Л., Лапынин Ю. Г. и др. Снижение динамических нагрузок в гидрофицированных машинах циклического действия // Наука — производству. М.: Машиностроение. 1999. № 10.
2. Фоменко В. Н. Разработка систем защиты гидроприводов механизмов навесных тяговых и специальных транспортных машин: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2000. 166 с.
3. Федякин В. И., Шевчук В. П. Оценка показателей надежности гидросистемы машинно-тракторного агрегата // Проблемы земледелия в рыночных условиях: Материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2001.
4. Фоменко Н. А. Совершенствование эксплуатационных свойств гидравлических систем машинно-тракторных агрегатов: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2002. 166 с.
5. Сердобинцев Ю. П., Бурлаченко О. В., Схиртладзе А. А. Повышение качества функционирования технологического оборудования. Старый Оскол: ТНТ, 2010. 411 с.
6. Фоменко Н. А., Тырнов Ю. А. Исследование работоспособности рукавов гидросистемы машинно-тракторных агрегатов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции — новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. науч. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф., 24—25 сент. 2013 г., г. Тамбов. Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2013. С. 146—149.
7. Фоменко Н. А., Богданов В. И., Алексиков С. В. Ресурсосберегающая гидравлическая система строительной техники: сб. науч. тр. по материалам Международной науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 221—224.
8. Фоменко Н. А., Богданов В. И., Сапожкова Н. В. Пути совершенствования гидропривода тягово-транспортных средств // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та. Сер.: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 36(55). С. 218—222.
9. Совершенствование гидравлической системы строительной техники / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, Н. В. Сапожкова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 38(57). С. 120—124.
10. Снижение энергии гидравлического удара в запорном устройстве гидросистемы строительно-дорожной техники / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, Н. В. Сапожкова // Интернет-Вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2015. Вып. 1(37). Ст. 3. Режим доступа : <http://www.vestnik.vgasu.ru>
11. Повышение надежности запорного устройства системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 41(60). С. 169—180.
12. Разгрузочный клапан системы защиты гидропривода машин / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков // Вестник Волгоградского государственного

го архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 42(61). С. 163—173.

13. Система защиты гидропривода: пат. SU1813937A1F15B20/00 / Н. А. Фоменко, С. В. Дубинский, Г. И. Голобута, Г. П. Лышко.

14. *Фоменко Н. А., Перельмитер В. И., Фоменко В. Н.* Система защиты гидропривода: пат. RU 15763 U1 7 F 15 B 21/00.

15. Гидравлическая система: пат. RU 15764U17F15B21/00 / В. Н. Фоменко, В. И. Перельмитер, Н. А. Фоменко, В. П. Шевчук.

16. *Перельмитер В. И.* Гидравлическая система: пат. SU 1822471 A3 F 15 B 20/00.

17. *Гаджиев Б. А., Кириш Б. А.* Устройство для ликвидации утечек. А.с. № 1576770 СССР // База патентов СССР. 1990. № 25.

18. *Баишта Т. М.* Аварийное устройство. А.с. № 1596146 СССР // База патентов СССР. 1990. № 36.

19. *Шевчук В. П., Бобков Ю. К.* Способ защиты гидропривода. А.с. № 1661483 СССР // База патентов СССР. 1991. № 25.

20. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В.* Система защиты гидропривода: пат. № 2549754 C1 Рос. Федерация МПК F 15 B 20/ 00 (2006.01)

21. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В.* Система защиты гидропривода: пат. № 2556835 C1 Рос. Федерация МПК F 15 B 20/ 00 (2006.01).

22. *Богданов В. И., Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В.* Гидропривод: пат. заявка на изобретение № 2014152575 от 26.12.2014.

23. Система защиты гидропривода / Н. А. Фоменко, В. И. Богданов, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков. Заявка на изобретение № 2014133230 от 12.08.2014.

24. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Алексиков С. В.* Система защиты гидропривода: заявка на патент № 2014121185; Рос. Федерация.

25. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Бурлаченко О. В.* Система защиты гидропривода. Пат. № 2571240 RU C1 F 15 B 20/00.

26. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Фоменко В. Н.* Трубопровод высокого давления: пат. RU 1661483 A1 Рос. Федерация МПК F 15 B 20/00.

27. *Фоменко Н. А., Богданов В. И., Фоменко В. Н.* Трубопровод высокого давления: пат. RU 2511926 C2 Рос. Федерация МПК F 15 B 20/ 00 (2006.01).

28. Трубопровод гидросистемы строительно-дорожных машин / Н. А. Фоменко, С. В. Алексиков, В. И. Богданов, Н. В. Сапожкова // Вестник развития науки и образования. 2014. Вып. 3. С. 115—117.

© *Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., Фетисов Ю. М., 2017*

*Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Гидравлический затвор исполнительного механизма системы защиты гидропривода строительно-дорожных машин / Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко, С. В. Алексиков, Ю. М. Фетисов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 152—162.

*Об авторах:*

**Фоменко Николай Александрович** — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Бурлаченко Олег Васильевич** — д-р техн. наук, доцент, проректор по научной работе, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Фетисов Юрий Михайлович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**N. A. Fomenko, O. V. Burlachenko, S. V. Aleksikov, Yu. M. Fetisov**

## **HYDRAULIC SEAL OF THE OPERATING MECHANISM OF THE HYDRAULIC GEAR PROTECTION SYSTEM OF ROAD CONSTRUCTION MACHINES**

The article provides the design of a hydraulic seal of the operating mechanism of the hydraulic gear protection system of road construction machines. The basis of the technical solution is the development of a mechanism blocking hydraulic fluid leakage into the space between a pawl and a membrane of a gas cell of the operating mechanism of the hydraulic gear protection system of road construction machines. The gas cell functions as a damper of water hammer energy occurring at the operation of a locking device.

The main idea of the design is to provide reliable sealing of a gas cell valve of the locking device of the hydraulic gear protection system and prevent hydraulic fluid leakage from high pressure zone into the space between a pawl and a membrane of a gas cell at valve closing and overlap of a damaged flow line of the hydraulic system of road construction machines at the destruction of high pressure hoses. The offered design differs from its prototype in the fact that in the gas cell, which is a damper of water hammer energy occurring in case of sharp differential pressure in the pressure pipe and drainage pipe at the operation of a locking device, formed by spherical surface of a pawl of a locking device and a membrane the hydraulic seal is placed that prevents leakage from the output cavity of the locking device into the gas cell of hydraulic fluid. The mechanism of a hydraulic seal of a locking device is based on the principle of counter-pressure generation in the space between packing rings enveloping a valve rod rigidly connected to the gas cell membrane. Counter-pressure in a hydraulic seal makes impossible leakage and increase in volume of hydraulic fluid in the space between a pawl and a membrane of a gas cell of the operating mechanism of the hydraulic gear protection system of road construction machines, promotes high-speed performance of a valve of the locking device of the gear protection system in case of unauthorized emission of hydraulic fluid at the destruction of high pressure hoses.

**Key words:** hydraulic system, hydraulic gear, hydraulic gear protection system, locking device, water hammer, hydraulic seal, gas cell, high pressure hose.

### **REFERENCES**

1. Pyndak V. I., Stokov V. L., Lapynin Yu. G. et al. [Dynamic load decrease in hydraulic machines of cyclic operation]. *Nauka — proizvodstvu* [Science — for the production]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1999, no. 10.
2. Fomenko V. N. *Razrabotka sistem zashchity gidroprivodov mekhanizmov navesnykh tyagovykh i spetsial'nykh transportnykh mashin* [The development of the hydraulic gear protection systems of mechanisms of mounted traction and special transport machines. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Volgograd, 2000. 166 p.
3. Fedyakin V. I., Shevchuk V. P. [The assessment of reliability indicators of a hydraulic system of a machine-tractor aggregate]. *Problemy zemledeliya v rynochnykh usloviyakh: Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Problems of agriculture under market conditions. Proc. of the Int. Sci. and Prac. Conf.]. Volgograd, 2001.
4. Fomenko N. A. *Sovershenstvovanie ekspluatatsionnykh svoystv gidravlicheskikh sistem mashinno-traktornykh agregatov* [Improvement of operating properties of hydraulic systems of machine and tractor units. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Volgograd, 2002. 166 p.
5. Serdobintsev Yu. P., Burlachenko O. V., Skhirtladze A. G. *Povyshenie kachestva funktsionirovaniya tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Quality improvement of processing equipment functioning]. Staryi Oskol, TNT Publ., 2010. 411 p.
6. Fomenko N. A., Tyrnov Yu. A. [Study of working capacity of hydraulic system hoses of machine-tractor aggregates]. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skokhozyaistvennoi produktsii — novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: sb. nauch. dokl. XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 24—25 sent. 2013 g., g. Tambov* [Increase in efficiency of use of resources when producing agricultural products — new technologies and new generation equipment for crop farming and cattle breeding. Coll. of sci. papers of the XVII Int. Sc.-Pr. Conf., 24—25 September, 2013, Tambov]. Tambov, R.V. Pershin's Publishing House, 2013. Pp. 146—149.

7. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Aleksikov S. V. *Resursosberegayushchaya gidravlicheskaya sistema stroitel'noi tekhniki* [Resource-saving hydraulic system of construction equipment. Proc. of the Int. Sci.-Pract. Conf.]. Saratov, 2014. Pp. 221—224.
8. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Sapozhkova N. V. [Ways of improvement of a hydraulic actuator of traction vehicles]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, iss. 36(55), pp. 218—222.
9. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Sapozhkova N. V. [Improvement of hydraulic system of construction equipment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, iss. 38(57), pp. 120—124.
10. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Sapozhkova N. V. [Reduce on energy hydraulic shock in lock protection device of the hydraulic system of construction and road machines]. *Internet-Vestnik VolgASU*, 2015, no. 1(37), paper 3. Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
11. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. [Reliability improvement of the locking structure of the protection system of hydraulic gear of construction and road cars]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 41(60), pp. 169—180.
12. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. [Relief valve of protection system of hydraulic drive of a machine]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 42(61), pp. 163—173.
13. Fomenko N. A., Dubinskii S. V., Golobuta G. I., Lyshko G. P. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. RF, no. SU 1813937A1F15B20/00].
14. Fomenko N. A., Perel'miter V. I., Fomenko V. N. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. RF, no. RU 15763 U1 7 F 15 B 21/00].
15. Fomenko V. N., Perel'miter V. I., Fomenko N. A., Shevchuk V. P. *Gidravlicheskaya sistema* [Hydraulic System. Patent RF, no. RU 15764U17F15B21/00].
16. Perel'miter V. I. *Gidravlicheskaya sistema* [Hydraulic system. Pat. RF, no. SU 1822471 A3 F 15 B 20/00].
17. Gadzhiev B. A., Kirsh B. A. *Ustroistvo dlya likvidatsii utechek* [A device for leakage elimination. Author's certificate no. 1576770 USSR]. Patent database of the USSR, 1990, no. 25.
18. Bashta T. M. *Avariinoe ustroistvo* [Emergency device. Author's certificate no. 1596146 USSR]. Patent database of the USSR, 1990, no. 36.
19. Shevchuk V. P., Bobkov Yu. K. *Sposob zashchity gidroprivoda* [Method of hydraulic gear protection] Author's certificate no. 1661483 USSR. Patent database of the USSR, 1991, no. 25.
20. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. RF, no. 2549754 C1 RF MPK F 15 B 20/ 00 (2006.01)].
21. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. no. 2556835 C1 RF MPK F 15 B 20/ 00 (2006.01)].
22. Bogdanov V. I., Fomenko N. A., Burlachenko O. V. *Gidroprivod* [Hydraulic gear. Pat. application for the invention no. 2014152575 from 26.12.2014].
23. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. application for the invention no. 2014133230 from 12.08.2014].
24. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Aleksikov S. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. application for the invention no. 2014121185 Russian Federation].
25. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Burlachenko O. V. *Sistema zashchity gidroprivoda* [System of Hydraulic Control Protection. Pat. no. 2571240 RU C1 F 15 B 20/00].
26. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Fomenko V. N. *Truboprovod vysokogo davleniya* [High pressure pipeline. Pat. RU 1661483 A1 Russian Federation MPK F 15 B 20/00].
27. Fomenko N. A., Bogdanov V. I., Fomenko V. N. *Truboprovod vysokogo davleniya* [High pressure pipeline. Pat. RU 2511926 C2 Russian Federation MPK F 15 B 20/ 00 (2006.01)].

28. Fomenko N. A., Aleksikov S. V., Bogdanov V. I., Sapozhkova N. V. [Pipeline of the hydraulic system of construction-road machines]. *Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Development of Science and Education], 2014, no. 3. pp. 115—117.

*For citation:*

Fomenko N. A., Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Fetisov Yu. M. [Hydraulic seal of the operating mechanism of the hydraulic gear protection system of road construction machines]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 152—162.

*About authors:*

**Fomenko Nikolai Aleksandrovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Burlachenko Oleg Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Docent, Vice-Rector for Scientific Work, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Aleksikov Sergei Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Fetisov Yurii Mikhailovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 625.72

**С. В. Алексиков, А. И. Болдин, М. Э. Буваджинов, И. К. Исмаилов**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВОК**

Исследованы прочностные характеристики дорожных одежд и приведены их конструкции на городских парковках.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** дорожная одежда, парковка, дорожное основание, грунт, асфальтобетон, мощение, городская дорога.

Среди проблем, порожденных высоким уровнем автомобилизацией городского населения, задача обеспечения парковками для автомобилей в крупных городах со сложившейся застройкой является актуальной. Мировой опыт показывает, что частично решить эту проблему можно за счет использования свободной ширины проезжей части, тротуаров улиц и придорожной полосы, устройством парковок [1—7].

При устройстве парковок важно обеспечить достаточную прочность парковочной площадки без чрезмерных строительных затрат. Практика показывает, что прибордюрные парковки следует устраивать с поперечными уклонами в сторону дороги (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Поперечные уклоны покрытия автомобильных парковок*

| № п.п. | Вид дорожного покрытия                                                        | Поперечный уклон, % |                      |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
|        |                                                                               | вдоль машино-места  | поперек машино-места |
| 1      | Асфальтобетонные и цементобетонные                                            | 25                  | 40                   |
| 2      | Сборные из мелкогабаритных бетонных и железобетонных плит, брусчатые мостовые | 30                  | 40                   |
| 3      | Щебеночные и гравийные                                                        | 30                  | 40                   |
| 4      | Булыжные                                                                      | 35                  | 40                   |

В покрытии парковки, как правило, используется асфальтобетон или мощение искусственным (природным) камнем. Проезжую часть дороги от площадки целесообразно отделить бордюром. Высота бордюра должна обеспечить беспрепятственный переезд колеса расчетного автомобиля. Исследования [2] показали, что в качестве расчетного следует принимать автомобили малого класса с шиной 145/70 R13, который выполнит беспрепятственный переезд бордюрного камня высотой 5 см при скорости до 5 км/ч. Допускается укладка бордюра высотой до 10 см со скошенным краем.

Дорожная одежда должна обеспечить прочность конструкции на статическую осевую нагрузку до 6 т. В асфальтобетонном покрытии парковки целесообразно использовать материал, аналогичный покрытию проезжей части

дороги. При наличии ливневой канализации обеспечение водоотвода из основания конструкции возможно с помощью геотекстиля с продольным коэффициентом фильтрации не менее 25 м/сут. В случае отсутствия городской системы водоотвода, толщина песчаного дренажного слоя рассчитывается по схеме «поглощения».

Исследовалось влияние физико-механических свойств каменных материалов и подстилающих грунтов на толщину несущего слоя основания конструкции. Покрытие было представлено асфальтобетоном плотным горячим на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II) толщиной 5 см. В основании дорожной одежды рассмотрен щебень осадочных и изверженных пород рядовой, фракционированный 40...80 мм без расклинки, с расклинкой асфальтобетоном или мелким щебнем, отсева дробления каменного материала Фроловского карьера 0...20 мм, щебеночные смеси СЗ 80 мм и С6 20 мм. В качестве дренирующего слоя рассматривался песок средней крупности и геотекстиль «АГМ-Композит» производства ОАО «ВАТИ» (г. Волжский). Грунт под дорожной конструкцией представлен крупными и мелкими песками с примесью пылеглинистой фракции до 20 %, супесью легкой, суглинками легким и тяжелым, глиной.

Расчеты показали, что при устройстве дорожной одежды с песчаным подстилающим слоем толщина конструкции определяется сдвиговой прочностью песка. Запас сдвиговой прочности в песчаном слое изменяется от 0 до 6 %, в грунтовом основании от 34 до 79 % (табл. 2). Таким образом, можно сделать заключение, что в дорожных конструкциях использование песчаного подстилающего слоя не целесообразно.

Т а б л и ц а 2

*Конструкции дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием*

| Наименование слоя                                                                                                      | $H$ , см | $E_{\text{упр}}$ , МПа | Запас сдвиговой прочности, % |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|------------------------------|
| Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II)                                              | 5        | 3200                   | —                            |
| Основание конструкции (рядовой и фракционированный щебень, отсева дробления щебня 0...20 мм, щебеночные смеси СЗ и С6) | 22...25  | 220...500              | —                            |
| Подстилающий слой из песка средней крупности                                                                           | 10       | 120                    | 0...6                        |
| Грунтовое основание                                                                                                    | —        | 58...86                | 34...79                      |

При замене песчаного слоя на геотекстиль «АГМ-Композит» толщина основания из щебня определяется сдвиговой прочностью грунтового основания. Модуль упругости каменного материала ( $E_{\text{ш}}$ ) практически не влияет на проектную толщину конструкции (рис. 1).

Зависимость толщины несущего слоя из щебня ( $H_{\text{ш}}$ ) от модуля упругости щебня ( $E_{\text{ш}}$ ) и грунтового основания ( $E_{\text{гр}}$ ), угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) и удельного сцепления ( $c$ ) в грунте имеет вид:

$$H_{\text{ш}} = \frac{85\,638}{E_{\text{ш}}^{0,0006} E_{\text{гр}}^{1,246} \varphi^{1,599} c^{0,553}}. \quad (1)$$



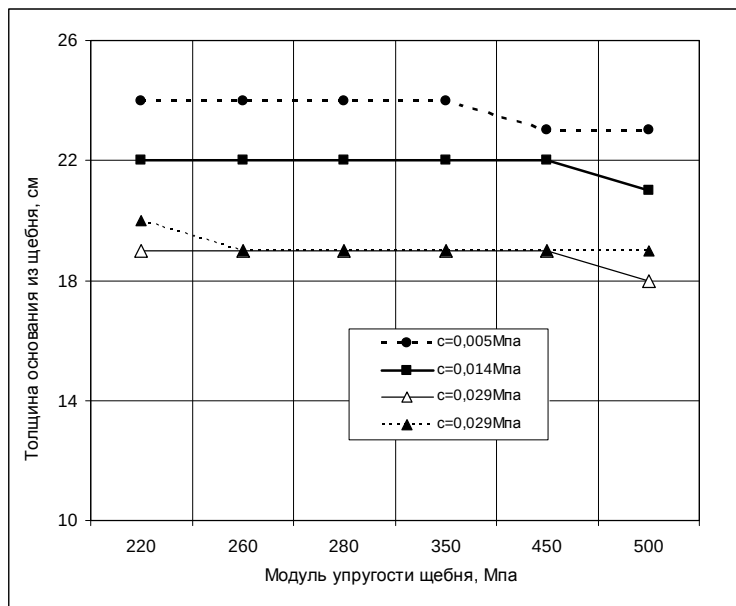


Рис. 1. Влияние модуля упругости щебня на толщину основания в зависимости от удельного сцепления в грунте ( $c = 0,005 \dots 0,029 \text{ МПа}$ )

Коэффициент множественной корреляции равен 0,80, стандартная ошибка 0,22.

Анализ регрессионной зависимости (1) показывает, что толщина несущего слоя конструкции в основном зависит от физико-механических характеристик грунтового основания. Расчеты показали, что замена песка на геотекстиль «АГМ-Композит» позволяет снизить толщину дорожной одежды на 20...45 % за счет исключения песчаного слоя и уменьшения толщины щебеночного основания (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

*Конструкции дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием*

| Наименование слоя                                                                                                                             | Модуль упругости, МПа | Толщина основания в зависимости от грунтового основания $H_{\text{расч}}$ , см |                                                       |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                                                                               |                       | Песок мелкий                                                                   | Песок мелкий с примесью пылеглинистой фракции до 20 % | Пески пылеватые, супеси, суглинки |
| Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II)                                                                     | 3200                  | 5                                                                              | 5                                                     | 5                                 |
| Основание из рядового или фракционированного щебня, отсево дробления щебня 0...20 мм, щебеночных смесей С3 и С6 на геотекстиле «АГМ-Композит» | 220...500             | 24...25                                                                        | 19...20                                               | 15...17                           |

В последнее время в практике строительства парковок все большее применение находят покрытия из плит/камней, выполненных методами ручного или механизированного мощения [3, 4]. Указанные покрытия являются достаточно прочными и ремонтпригодными. При появлении просадок или разрушения локальных участков покрытия они легко восстанавливаются с минимальными материальными и трудовыми затратами.

При проектировании конструкций с покрытием из плит/камней мощения следует учитывать, что водоотводящая способность поверхности на 20 % ниже, чем асфальтобетонных. В связи с этим уклон к лоткам или другим водоотводящим устройствам должен быть не менее 25 ‰. Для повышения несущей способности каменного покрытия, укладку камней мощения эффективно производить под углом 45...90° к оси стоянки автотранспорта на парковке (рис. 2). При этом в контакте с колесом автомобиля находится большое количество камней мощения. Нагрузка распределяется на более широкую площадь, вероятность образования просадки снижается.

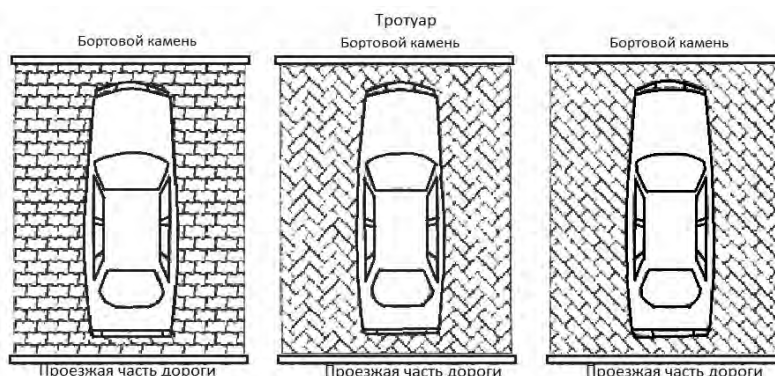


Рис. 2. Рекомендуемая схема мощения камня на парковках

Исследования прочности конструкций с мощеным покрытием на основаниях из щебня 40...80 мм различной прочности или отсевов дробления камня 0...20 мм показали, что толщина основания практически не зависит от модуля упругости щебня, определяется углом внутреннего трения ( $\phi$ ) и удельным сцеплением ( $c$ ) грунта:

$$H_{\text{щ}} = \frac{7,277}{E_{\text{гр}}^{0,123} \phi^{1,318} c^{1,113}}. \quad (2)$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,81, стандартная ошибка 0,56.

Использовать нетканое синтетическое полотно (НСМ) под основанием эффективно в качестве дренажного слоя, при дефиците местных качественных песков. Расчеты показали, что при минимально допустимой толщине основания 15 см, независимо от модуля упругости щебня, запас сдвиговой прочности подстилающих глинистых грунтов значительный и составляет 44...54 % (табл. 4). При устройстве дорожной одежды на подстилающих песчаных грунтах, толщина основания изменяется от 15 до 18 см и определяется сдвиговой прочностью песка.

Т а б л и ц а 4

*Конструкции дорожной одежды с геотекстилем типа «АГМ-Композит»*

| Наименование конструктивного слоя дорожной одежды |                                                                                                            | Модуль упругости, МПа | Толщина, см | Грунт основания         | Запас прочности в грунте, % |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|
| Мошеное покрытие из бетонной плитки толщиной 8 см |                                                                                                            | 1770                  | 8           | —                       | —                           |
| Монтажный слой из песка или песко-цементной смеси |                                                                                                            | —                     | 3-5         | —                       | —                           |
| Материалы основания                               | Щебень 40...80 мм, щебеночная смесь непрерывной гранулометрии С7 — 20 мм, отсеvy дробления камня 0...20 мм | 220...450             | 15          | Супесь, суглинок, глина | 44...54                     |
|                                                   | Щебень 40...80 мм                                                                                          | 350                   | 15          | Песок мелкий            | 5                           |
|                                                   | Щебеночная смесь непрерывной гранулометрии С7 — 20 мм                                                      | 260                   | 17          |                         | 3                           |
|                                                   | Отсевы дробления камня 0...20 мм Фроловского месторождения Волгоградской области                           | 220                   | 18          |                         | 4                           |

*Примечание:* Прослойка из геотекстиля типа «АГМ-Композит» устраивается на границе щебеночного основания и подстилающего грунта.

Использование отсеvов дробления щебня 0...20 мм экономически выгодно по причине их незначительной стоимости. Толщина основания из отсеvов на песчаных или супесчаном грунтах изменяется от 5 до 23 см (табл. 5). При этом снижение толщины основания до 5...7 см наблюдается с повышением сдвиговой прочности подстилающего грунта (песок пылеватый, супесь легкая).

Т а б л и ц а 5

*Толщина основания из отсеvов дробления щебня 0...20 мм*

| Наименование подстилающего грунта                                                | Н, см   |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Песок крупный, средний или мелкий без примеси пылеватых и глинистых частиц       | 20...23 |
| Песок крупный, средний или мелкий с примесью пылеватых и глинистых частиц до 5%  | 18      |
| Песок мелкий с примесью пылеватых и глинистых частиц до 8%                       | 16      |
| Песок пылеватый с примесью пылеватых и глинистых частиц более 20%, супесь легкая | 5...7   |

При повышенном увлажнении глинистых грунтов конструкции устраиваются на песчаном подстилающем слое. В этом случае толщина основания из каменного материала определяется сдвиговой прочностью песчаного подстилающего слоя (табл. 6). Запас сдвиговой прочности в песчаном слое составляет 1...6 %, в подстилающем грунте — 53...75 %.

Таблица 6

Конструкции с подстилающим песчаным слоем

| Наименование конструктивного слоя дорожной одежды |                                                                                                                                                            | Модуль упругости, МПа | Грунт основания                 | Толщина слоя, см |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------|
| Мошеное покрытие из бетонной плитки толщиной 8 см |                                                                                                                                                            | 1770                  | —                               | 8                |
| Монтажный слой из песка или песко-цементной смеси |                                                                                                                                                            | —                     | —                               | 3...5            |
| Материал основания                                | Щебень 40...80 мм, щебеночная смесь непрерывной гранулометрии С7 — 20 мм, отсеvy дробления щебня 0...20 мм Фроловского месторождения Волгоградской области | 220...450             | Супесь легкая                   | 15...16          |
|                                                   |                                                                                                                                                            |                       | Супесь тяжелая, суглинок легкий | 17...18          |
|                                                   |                                                                                                                                                            |                       | Суглинок тяжелый, глина         | 17...19          |
| Подстилающий слой из мелкого однородного песка    |                                                                                                                                                            | 120                   |                                 | 10               |

Сопряжение автомобильной парковки с тротуаром следует выполнять с помощью бордюрного камня высотой 15 см, с проезжей частью дороги бордюром высотой 5...10 см (рис. 3).

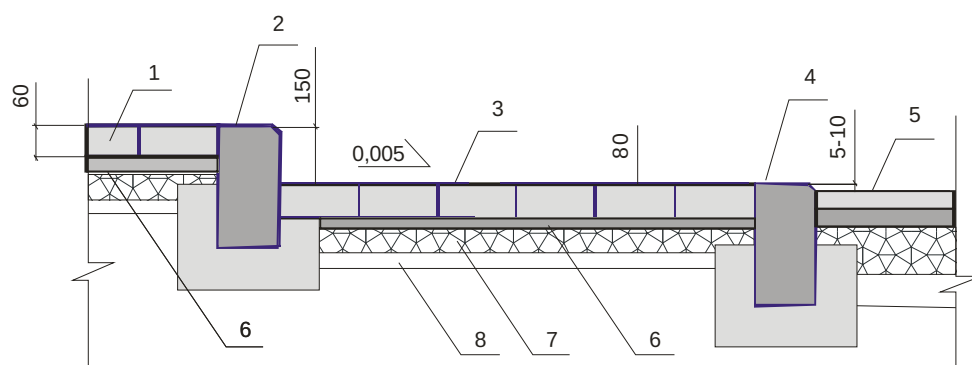


Рис. 3. Парковка с мощением покрытием из искусственного камня: 1 — покрытие тротуара из плит/камней мощения толщиной 60 мм; 2 — бортовой камень; 3 — покрытие автостоянки из плит/камней толщиной 80 мм; 4 — бортовой камень; 5 — асфальтобетонное покрытие проезжей части дороги; 6 — монтажный слой из песко-цементной смеси; 7 — основание из щебня; 8 — дренажный слой из песка

Архитектурно и экологически привлекательными являются парковочные конструкции с бетонной или пластиковой газонной решеткой или из сборных элементов ТТФ, с площадью озеленения до 90 % [8, 9] (рис. 4, 5). Конструкции решеток позволяют комбинировать заполнение ячеек: брусчаткой, растительным грунтом, гравием, мраморной крошкой или другим наполнителем. При появлении локальных просадок или разрушения решетки покрытие легко ремонтируется, без разборки прилегающих участков. Так как нагрузка от легкового автомобиля не превышает 3,5 т, устройство капитального щебеночного основания под решеткой не требуется. Хорошее водоотведение и сохранение верхнего слоя почвы обеспечивают полную инфильтрацию осадков в

грунтовое основание под решетку, без снижения прочности конструкции, при уклоне поверхности парковки до 20 %.

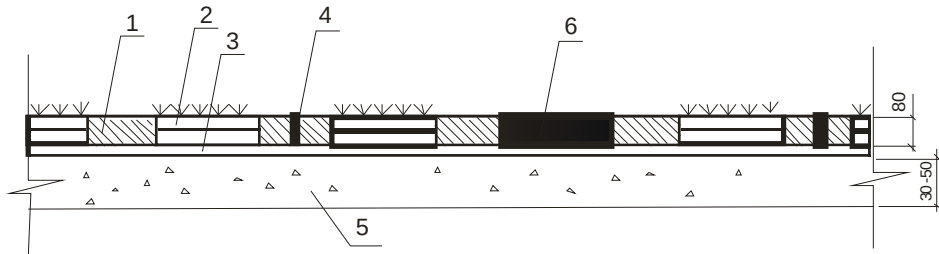


Рис. 4. Конструкция экопарковки с газонной решеткой: 1 — газонная решетка; 2 — растительный грунт; 3 — монтажный (выравнивающий) слой из песка или смеси песка с растительным грунтом; 4 — шов; 5 — основание из песчано-гравийной смеси или щебня; 6 — вставка для разметки стояночных мест

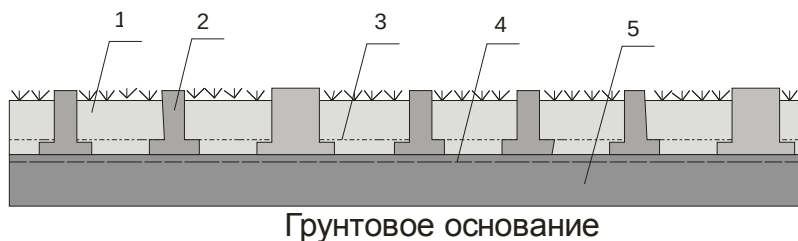


Рис. 5. Конструкция экопарковки из сборных элементов ТТФ: 1 — наполнитель (растительный грунт/брусчатка); 2, 3 — сборные элементы ТТФ высотой 6 см; 4 — мелкоячеистая синтетическая сетка; 5 — основание из смеси мелкого щебня (2...5 мм) и почвы толщиной 5 см

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что при проектировании дорожных одежд прибордюрных парковок, прочность каменного материала незначительно влияет на толщину дорожного основания. Замена песчаного подстилающего слоя на геотекстиль способствует повышению прочности дорожной одежды и снижению ее толщины. Строительство основания из щебня минимально конструктивной толщиной 15 см, как правило, обеспечивает прочность конструкций автомобильных парковок на статическую нагрузку до 6 т. При строительстве парковок в зеленой зоне предпочтение следует отдавать экопарковкам.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков С. В., Болдин А. И., Харланов В. Л. Обоснование расчетной плотности парковки автомобилей на автомагистралях Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 43(62). С. 244—252.
2. Алексиков С. В., Болдин А. И., Санжапов Б. Х. Проектирование автомобильных парковок на автомагистралях Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 43(62). С. 253—260.
3. Алексиков С. В., Болдин А. И. Конструкции дорожных одежд прибордюрных парковок // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2016. Т. 3. № 3. URL: <http://ts.today/PDF/01TS316.pdf> DOI: 10.15862/01TS316(<http://dx.doi.org/10.15862/01TS316>)
4. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. М.: Транспорт, 1990. 240 с.

5. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением / пер. с англ. М.: Транспорт, 1983. 248 с.

6. Benenson I., Omer I., Hatna E. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel-Aviv // *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2002. Vol. 29. Pp. 491—512.

7. Экопарковки. Справочник по проектированию. URL: [www.ecoparkovka.ru](http://www.ecoparkovka.ru)

8. Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах. М: Стройиздат, 1984. URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie\\_k\\_SNiP\\_II6075\\_Posobie.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_II6075_Posobie.html)

© Алексиков С. В., Болдин А. И., Буваджинов М. Э., Исмаилов И. К., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Дорожные одежды автомобильных парковок / С. В. Алексиков, А. И. Болдин, М. Э. Буваджинов, И. К. Исмаилов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 163—171.

Об авторах:

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Болдин Александр Игоревич** — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений. Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)

**Буваджинов Мерген Эдуардович** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [mergen\\_buvadzhinov@mail.ru](mailto:mergen_buvadzhinov@mail.ru)

**Исмаилов Ильс Курамбай** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

**S. V. Aleksikov, A. I. Boldin, M. E. Buvadzhinov, I. K. Ismailov**

## ROAD PAVEMENT OF CAR PARKS

The authors investigate strength characteristics of road pavement and provide their structures in city car parks.

**Key words:** road pavement, car parks, road base, primer, asphalt-concrete, paving, urban road.

## REFERENCES

1. Aleksikov S. V., Boldin A. I., Kharlanov V. L. [Justification of the calculated density of car parks on highways in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 43(62), pp. 244—252.

2. Aleksikov S. V., Boldin A. I., Sanzhapov B. Kh. [Design of car parks on motorways in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 43(62), pp. 253—260.

3. Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Construction of pavements for parkings close to curbs]. *Internet-zhurnal «Transportnye sooruzheniya»* [Russian journal of transport engineering], 2016, Vol. 3, no. 3. URL: <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf> DOI: 10.15862/01TS316(<http://dx.doi.org/10.15862/01TS316>)

4. Lobanov E. M. *Transportnaya planirovka gorodov* [Transport layout of cities]. Moscow, Transport Publ., 1990. 240 p.

5. Inose Kh., Khamada T. *Upravlenie dorozhnym dvizheniem* [Traffic control]. Moscow, Transport Publ., 1983. 248 p.
6. Benenson I., Omer I., Hatna E. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel-Aviv. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2002, 29, pp. 491—512.
7. *Ekoparkovki. Spravochnik po proektirovaniyu* [Eco parking. Reference book on design]. URL: [www.ecoparkovka.ru](http://www.ecoparkovka.ru)
8. *Posobie po razmeshcheniyu avtostoyanok, garazhei i predpriyatii tekhnicheskogo obsluzhivaniya legkovykh avtomobilei v gorodakh i drugikh naselennykh punktakh* [Reference book on the arrangement of car parks, garages and car service stations in cities and other populated areas]. Moscow, Stroiizdat, 1984. URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie\\_k\\_SNiP\\_II6075\\_Posobie.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_II6075_Posobie.html)

*For citation:*

Aleksikov S. V., Boldin A. I., Buvadzhinov M. E., Ismailov I. K. [Road pavement of car parks]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 163—171.

*About authors:*

**Aleksikov Sergei Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Boldin Aleksandr Igorevich** — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)

**Buvadzhinov Mergen Eduardovich** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [mergen\\_buvadzhinov@mail.ru](mailto:mergen_buvadzhinov@mail.ru)

**Ismailov Il's Kurambai** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

УДК 625.72

**С. В. Алексиков, А. И. Болдин**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИБОРДЮРНЫХ ПАРКОВОК НА ГОРОДСКИХ ДОРОГАХ**

Описаны особенности проектирования парковок автомобилей на городских улицах.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** автомобильные дороги, парковки, автомобили.

Проблемой, вызванной высоким уровнем автомобилизацией городского населения и дефицитом свободной территории в сложившейся плотной застройке крупных городов, является обеспечение населения парковками легковых автомобилей. Мировой опыт показывает, что решить эту проблему можно за счет организации прибордюрных парковок на проезжей части и тротуарах улиц. Строительство крупных автостоянок возможно в редких случаях, как правило, за пределами центральной части городов.

Парковки можно делить по месту, способу хранения и продолжительности нахождения на них автомобилей<sup>1</sup> [1—5].

Парковки большой продолжительности хранения (до 8 ч и более) у предприятий, учреждений для размещения автомобилей, принадлежащих рабочим, служащим и посетителям, оправданы в центральной деловой части города со сложившейся плотной застройкой.

Парковки средней продолжительности хранения (на 2—4 ч) организуются у зданий и сооружений, периодически собирающих большие массы людей (стадионы, театры, киноконцертные залы, рестораны, крупные торговые центры).

Парковки кратковременной продолжительности хранения (до 2 ч) — у вокзалов, крупных магазинов, рынков, спортивных сооружений.

---

<sup>1</sup> СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99 [Электронный ресурс] — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092706>

МГСН 1. 01-97. Московские городские строительные нормы. Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы : утв. постановлением Правительства г. Москвы от 12.08.97 № 592. Ч. 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6677/index.htm>

Пособие к МГСН 5.01-94. Стоянки легковых автомобилей / МАПХИ. Вып. 1. 1997. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieMGSN50194Posobie.html>

СНиП 21-02-99\*. Стоянки автомобилей. Переизд. СНиП 21-02-99 с изм. № 1; введ. 2000-07-01. Москва : ФГУП ЦПП, 2004. 12 с.

СНиП 2.07.01—89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП, 1994. 58 с.

СНиП 2.07.01—89\* (2000). Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП. ГОССТРОЙ РОССИИ, 2000. 68 с.

СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* / Минрегион России. Москва : ОАО «ЦПП», 2011. 109 с.



Парковки по месту хранения определяются наличием свободной территории для их размещения и устаиваются в прибордюрной части основных городских магистралей или на второстепенных улицах и проездах. Возможность организации парковок определяется: шириной проезжей части и уровнем загрузки ее движением автотранспорта, наличием выделенной полосы для движения общественного транспорта, шириной тротуаров и интенсивностью пешеходного движения, наличием зеленых насаждений вдоль дороги и возможностью их использования для парковки автомобилей. Выбор парковки определяется водителем в пределах пешеходной зоны доступности 550 м.

Парковки по способу хранения выбирают в зависимости от наличия территории для размещения автомобилей, загрузки дороги движением транспорта, возможности использования тротуарного пространства, потребности в парковочных местах.

Проектные решения следует принимать с учетом: размеров машино-места, ширины и удельной плотности парковки, конструкции парковочной площадки, организации дорожного движения. Настоящие рекомендации разработаны на основе исследований улично-дорожной сети Волгограда и Германии.

Размеры машино-места определяются средневзвешенной расчетной площадью припаркованного транспортного средства (ТС) и защитной зоной вокруг него. Согласно исследованиям авторов расчетная площадь современного ТС равна  $8,07 \text{ м}^2$ , парковочного места —  $14,0...18,74 \text{ м}^2$  [1, 2, 6]. Ширина полосы парковки зависит от угла установки ТС, изменяется от 2,65 до 5,77 м [6]. Плотность парковки ТС изменяется от 19,2 до 36,8 автомобилей на 100 п.м [6]. При установке автомобилей параллельно бордюра устройство парковки возможно в пределах проезжей части дороги, на расстоянии не менее 5 м от пешеходного перехода или поворота на перекрестке и не менее 15 м от остановки общественного транспорта<sup>2</sup>. Парковка ТС запрещена на участках с видимостью менее 100 м. Расстояние между припаркованным автомобилем и осью дороги должно быть не менее  $3 \text{ м}^3$  [5]. Парковочное пространство следует отделять от проезжей части дорожной разметкой (рис. 1).

В случае дефицита пространства перед небольшими офисами или магазинами целесообразна продольная парковка на 2-3 автомобиля «в кармане» за счет тротуаров (рис. 2).

---

<sup>2</sup> СНиП 2.07.01—89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП, 1994. 58 с.

СНиП 2.07.01—89\* (2000). Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП. ГОССТРОЙ РОССИИ, 2000. 68 с.

СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* / Минрегион России. — Москва : ОАО «ЦПП», 2011. 109 с.

<sup>3</sup> СНиП 2.07.01—89\* (2000). Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП. ГОССТРОЙ РОССИИ, 2000. 68 с.

СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* / Мин-регион России. Москва : ОАО «ЦПП», 2011. 109 с.



Рис. 1. Парковка автомобилей на проезжей части



Рис. 2. Продольная парковка автомобилей «в кармане» за счет тротуаров

При значительной потребности в парковочных местах возможна организация продольной парковки с использованием широких тротуаров (при незначительной интенсивности пешеходного движения). Выделение парковочных мест осуществляется дорожной разметкой или мощением камнем (рис. 3).



Рис. 3. Парковка автомобилей на тротуаре

При узкой проезжей части дороги и тротуаров, что характерно для внутриквартальных дорог и проездов к городским магистралям, возможна парковка с частичным использованием тротуаров (рис. 4).



Рис. 4. Парковка автомобилей с использованием тротуара

При наличии зеленых насаждений и широких тротуарах эффективна парковка ТС в пространстве между деревьями или кустарником (рис. 5).



Рис. 5. Парковка автомобилей в «зеленой зоне»

Для сохранения зеленых насаждений целесообразно устраивать вокруг деревьев и кустарника защитные ограждения или бордюры (рис. 6).



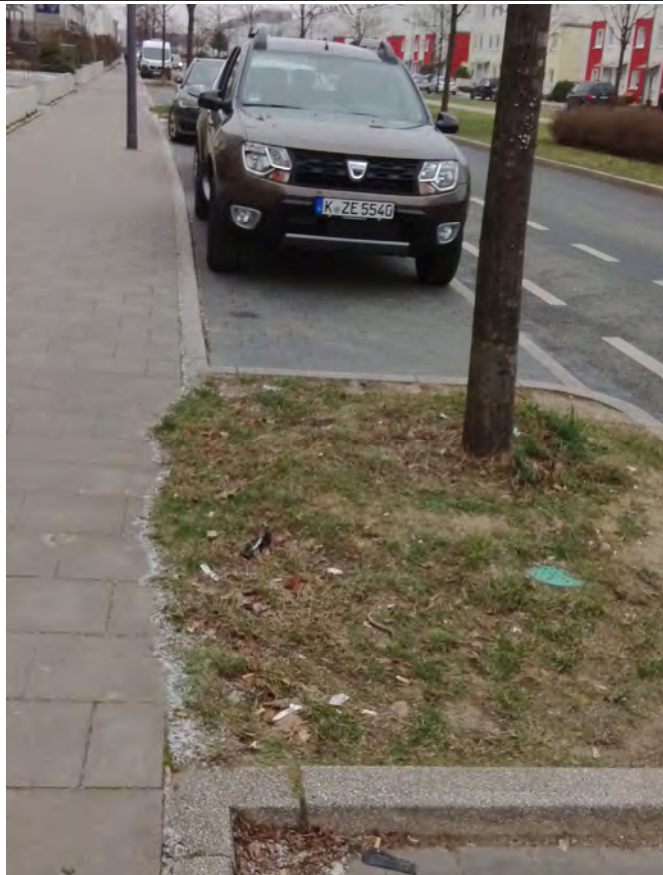


Рис. 6. Бордюрные ограждения у деревьев

При наличии достаточного пространства вдоль дороги возможна парковка ТС под углом  $30...90^\circ$  [1, 2, 6]. Наибольшую плотность имеют парковки с углом установки автомобилей  $45^\circ$  (рис. 7).



Рис. 7. Парковка под углом  $45^\circ$  к проезжей части

Для обеспечения водоотвода парковку следует устраивать выше проезжей части улицы до 10 см с поперечным уклоном 20...40 ‰ в сторону дороги<sup>4</sup> [3, 5]. Сопряжение стояночной площадки и дороги рекомендуется выполнять бордюром высотой до 5 см (рис. 8).



Рис. 8. Сопряжение проезжей части с парковкой бордюром

Водоотвод из зоны парковки обеспечивается продольным уклоном проезжей части дороги (не менее 3 ‰)<sup>5</sup> [4]. При отсутствии продольного уклона проезжей части дороги водоотвод необходимо решать с помощью городской дренажной системы, путем устройства дополнительного дождеприемного колодца в зоне парковки (рис. 9).

Для обеспечения удобства въезда-выезда с парковок и повышения их архитектурной привлекательности сопряжение с проезжей частью рекомендуется выполнять в виде закруглений радиусом 1,0...5,0 м<sup>6</sup> [5] (рис. 10).

<sup>4</sup> СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* [Электронный ресурс]

СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99 [Электронный ресурс], URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092706>

МГСН 1. 01-97. Московские городские строительные нормы. Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы : утв. по-становлением Правительства г. Москвы от 12.08.97 № 592. Ч. 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6677/index.htm>

<sup>5</sup> СП 113.13330.2012 Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092706>

МГСН 1. 01-97. Московские городские строительные нормы. Временные нормы и правила проектирования планировки и застройки г. Москвы : утв. по-становлением Правительства г. Москвы от 12.08.97 № 592. Ч. 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6677/index.htm>

Пособие к МГСН 5.01-94. Стоянки легковых автомобилей / МАПХИ. Вып. 1. 1997. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieMGSN50194Posobie.html>

СНиП 21-02-99\*. Стоянки автомобилей. Переизд. СНиП 21-02-99 с изм. № 1; введ. 2000-07-01. Москва : ФГУП ЦПП, 2004. 12 с.

<sup>6</sup> СНиП 2.07.01—89\* (2000). Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / ЦНИИП градостроительства. Москва : ГУП ЦПП. ГОССТРОЙ РОССИИ, 2000. 68 с.



Рис. 9. Дождеприемный колодец в зоне парковки



Рис. 10. Сопряжение парковки с проезжей частью закруглением

Выполненные экспериментально-теоретические исследования, анализ отечественного и зарубежного опыта строительства и эксплуатации городских дорог позволяет сделать вывод, что одним из эффективных решений повышения пропускной улично-дорожной сети больших городов в условиях сложившейся застройки и дефицита территории является строительство прибордюрных парковок. Приведенные в работе рекомендации по проектированию парковок носят общий характер и требуют дальнейшей детализации.

СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01—89\* / Минрегион России. Москва : ОАО «ЦПП», 2011. 109 с.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков С. В., Болдин А. И., Харланов В. Л. Обоснование расчетной плотности парковки автомобилей на автомагистралях Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 43(62). С. 244—252.
2. Алексиков С. В., Болдин А. И., Санжапов Б. Х. Проектирование автомобильных парковок на автомагистралях Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 43(62). С. 253—260.
3. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для вузов. М., 2008. 123 с.
4. Методические рекомендации по проектированию площадок для стоянок автомобилей и автобусных остановок. М., 2008. URL: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_111100.html](http://snipov.net/c_4676_snip_111100.html)
5. Turner D. Red Routes and Parking // Parking News. 1999. April. Pp. 16—19.
6. Болдин А. И., Алексиков С. В. Обоснование параметров городских автомобильных парковок // Дороги и мосты. 2016. Вып. 35. С. 189—202.
7. Алексиков С. В., Болдин А. И. Конструкции дорожных одежд прибордюрных парковок // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2016. Т. 3. № 3. URL: <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf>

© Алексиков С. В. Болдин А. И., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В. Болдин А. И. Проектирование прибордюрных парковок на городских дорогах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 172—180.

Об авторах:

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Болдин Александр Игоревич** — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений. Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)

**S. V. Aleksikov, A. I. Boldin**

#### DESIGN OF CERBSIDE PARKING ON URBAN ROADS

Features of the design of car parks in urban streets are described in the article.

**Key words:** roads, car parks.

#### REFERENCES

1. Aleksikov S. V., Boldin A. I., Kharlanov V. L. [Justification of the calculated density of car parks on highways in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 43(62), pp. 244—252.
2. Aleksikov S. V., Boldin A. I., Sanzhapov B. Kh. [Design of car parks on motorways in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 43(62), pp. 253—260.



3. Sil'yanov V. V. *Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits* [Transport and operational qualities of highways and urban streets]. Moscow, 2008, 123 p.
4. *Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu ploshchadok dlya stoyanok avtomobilei i avtobusnykh ostanovok* [Methodological recommendations on design of sites for car parks and bus-stops]. Moscow, 2008. URL: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_111100.html](http://snipov.net/c_4676_snip_111100.html)
5. Turner D. Red Routes and Parking. *Parking News*, 1999, April, pp. 16—19.
6. Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Justification of parameters of city roads of automobile parkings]. *Dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2016, no. 35, pp. 189—202.
7. Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Construction of pavements for parkings close to curbs]. *Internet-zhurnal «Transportnye sooruzheniya»* [Russian journal of transport engineering], 2016, Vol. 3, no. 3. URL: <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf>

*For citation:*

Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Design of cerbside parking on urban roads]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 172—180.

*About authors:*

**Aleksikov Sergei Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Boldin Aleksandr Igorevich** — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)



УДК 625.72

**С. В. Алексиков, В. Жаббур, И. К. Исмаилов**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **РАСЧЕТ ГАБАРИТОВ УЛАВЛИВАЮЩИХ ТРАНШЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ**

Приведена методика расчета габаритов улавливающих траншей автомобильных дорог в горной местности в зоне камнепадов и осыпей.

**Ключевые слова:** улавливающие траншеи, автомобильные дороги, земляное полотно, горная местность, осыпи, камнепады.

Специфичные условия горной местности требуют комплексного подхода к проектированию устойчивого земляного полотна и системы защитных сооружений (подпорных стенок, защиты от осыпей и камнепадов, вывалов, оползней, обвалов, лавин, селевых выносов) [1—3]. Современные нормативные документы (СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*; СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85) не в полной мере учитывают специфику горной местности при проектировании автомобильных дорог. При невыдержанности залегания скальных слабовыветривающихся грунтов, неблагоприятном расположении поверхностей ослабления, а также на крутых косогорах и в районах с расчетной сейсмичностью 8 баллов и более, земляное полотно следует проектировать в полунасыпи-полувыемке или выемке с улавливающими траншеями или закуветными полками, рассчитанными на вмещение объема оползшего (упавшего) каменного материала с откоса [2—4].

Ширина улавливающей траншеи или полки (с бордюрами или барьерами) по низу  $Z$ , м, определяется выражением:

$$Z = L + 0,5, \quad (1)$$

где  $L$  — дальность падения камня от подошвы откоса, зависит от угла наклона откоса и его высоты (рис. 1).

Глубина траншеи, высота барьера или бордюра полки зависит от высоты подсаживания камня (рис. 2) после его падения с откоса ( $h_c$ ):

$$h_T = h_c + 1,0, \quad (2)$$

При вертикальном откосе, вертикальной грани бордюрной, барьерной или заградительной стены, глубина траншеи или высота барьера  $h_T$  должна исключить выскакивание камня на проезжую часть дороги:

$$h_T < h_{\max}, \quad (3)$$

где  $h_{\max}$  — расчетная высота подсаживания камня при падении на улавливающую полку или на дно улавливающей траншеи, м;

$$h_{\max} = \frac{V_k^2 \rho \sin^2 \varphi}{2g}, \quad (4)$$

где  $V_k$  — скорость падения камня (рис. 3);  $\varphi$  — угол падения, принимается равным углу наклона откоса;  $\rho$  — коэффициент восстановления, принимается по табл. 1.

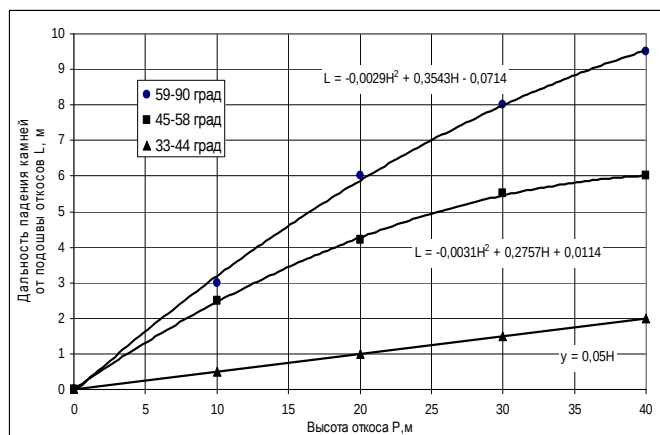


Рис. 1. Зависимость дальности падения камня от подошвы откоса с учетом его крутизны (33...44, 45...58, 59...90°)

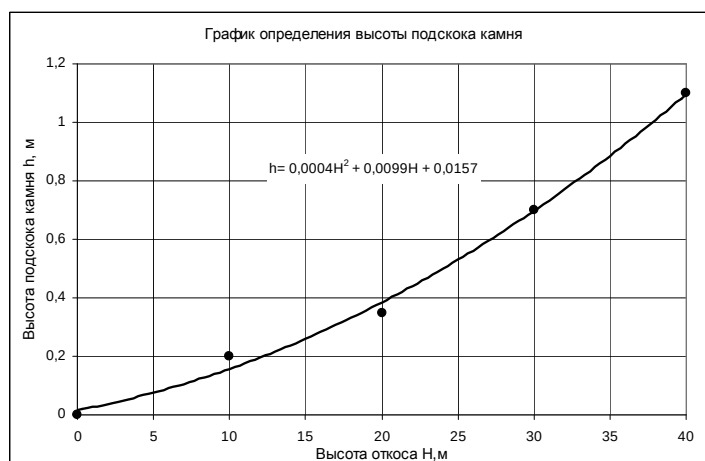


Рис. 2. Зависимость высоты подскока камня  $h_c$  от высоты откоса

Таблица 1  
Значения коэффициентов мгновенного трения и восстановления скорости

| Характер поверхности склона                                            | Значения коэффициентов       |                                |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                                                                        | мгновенного трения $\lambda$ | восстановления скорости $\rho$ |
| Скальные обнажения                                                     | 0,1                          | 0,7                            |
| Плотный крупнообломочный делювий                                       | 0,3                          | 0,5                            |
| Одернованная гладкая поверхность                                       | 0,1                          | 0,3                            |
| Рыхлый делювий, застрявшие камни, осыпь и т. п.                        | 0,4                          | 0,3                            |
| При залегании коренных пород на глубине до 0,5 м от поверхности склона | 0,3                          | 0,5                            |

Скорость падения камня зависит от высоты его падения и угла наклона откоса (см. рис. 3).

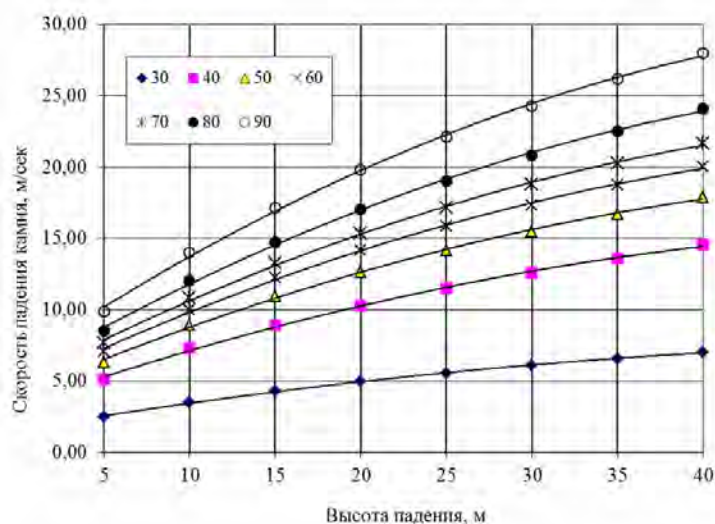


Рис. 3. График определения скорости падения камня по откосу с учетом его крутизны (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90°)

Т а б л и ц а 2

*Размеры улавливающей траншеи или полки*

| Угол наклона откоса, град | Высота откоса | Дальность падения камня от подошвы откоса, м | Ширина траншеи, м | Глубина траншеи или полки (с барьерами), м |
|---------------------------|---------------|----------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| 59...90                   | 10            | 3                                            | 3,5               | 1,2                                        |
|                           | 20            | 6                                            | 6,5               | 1,35                                       |
|                           | 30            | 8                                            | 8,5               | 1,7                                        |
|                           | 40            | 9,5                                          | 10                | 2,1                                        |
| 45...58                   | 10            | 2,5                                          | 3                 | 1,2                                        |
|                           | 20            | 4,2                                          | 4,7               | 1,35                                       |
|                           | 30            | 5,5                                          | 6                 | 1,7                                        |
|                           | 40            | 6                                            | 6,5               | 2,1                                        |
| 33...44                   | 10            | 0,5                                          | 1                 | 1,2                                        |
|                           | 20            | 1                                            | 1,5               | 1,35                                       |
|                           | 30            | 1,5                                          | 2                 | 1,7                                        |
|                           | 40            | 2                                            | 2,5               | 2,1                                        |

Расчеты по приведенной методике позволили обосновать ширину и глубину улавливающей траншеи или полки (с барьерами) в зависимости от угла наклона и высоты откоса [4]. Размеры улавливающей траншеи или полки (с барьерами или бордюрами) приведены в табл. 2, рекомендуются для применения при проектировании земляного полотна автомобильных дорог в горной местности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альбом типовых конструкций земляного полотна. ТП 503.0.48.87. М.: Союздорпроект, 1987. 55 с.
2. Рекомендации по проектированию земляного полотна дорог в сложных инженерно-геологических условиях. М.: ВНИИЖТ, 1974. 260 с.
3. Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. М., 1983. 125 с.
4. Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И. Проектирование земляного полотна автомобильных дорог в сложных геологических, гидрологических и климатических условиях горной части республики Дагестан. СТО.25106343.01-2014.РМД. Махачкала, 2015. 68 с.

© Алексиков С. В., Жаббур В., Исмаилов И. К., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Алексиков С. В., Жаббур В., Исмаилов И. К. Расчет габаритов улавливающих траншей автомобильных дорог в горной местности // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 181—185.

Об авторах:

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

**Жаббур Висим** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

**Исмаилов Ильс Курамбай** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

**S. V. Aleksikov, V. Zhabbur, I. K. Ismailov**

#### DIMENSIONING OF TRENCHES ON ROADS IN MOUNTAINOUS AREAS

The methodology of dimensioning of trenches on roads in mountainous areas in zone of rockfalls and landslides is provided.

**Keywords:** trenches, roads, subgrade, mountainous area, landslides, rockfalls.

#### REFERENCES

1. *Al'bom tipovykh konstruksii zemlyanogo polotna. TP 503.0.48.87* [Album of standard designs of subgrade. TP 503.0.48.87]. Moscow, Soyuzdorproekt, 1987. 55p.
2. *Rekomendatsii po proektirovaniyu zemlyanogo polotna dorog v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh* [Recommendations on the design of subgrades under severe engineering and geological conditions]. Moscow, VNIIZhT, 1974. 260 p.
3. *Rukovodstvo po proektirovaniyu protivopolznevnykh i protivobval'nykh zashchitnykh sooruzhenii* [Guidance on the design of landslide and rockfall protection structures]. Moscow, 1983. 125 p.
4. Aleksikov S. V., Leskin A. I., Hoffman D. I. *Proektirovanie zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog v slozhnykh geologicheskikh, gidrologicheskikh i klimaticheskikh usloviyakh gornoj chasti respubliki Dagestan. SТО.25106343.01-2014.RMD* [The design of subgrades of roads under severe geological, hydrological and climatic conditions in the mountainous area of the Republic of Dagestan. SТО.25106343.01-2014.RMD]. Makhachkala, 2015. 68 p.

*For citation:*

Aleksikov S. V., Zhabbur V., Ismailov I. K. [Dimensioning of trenches on roads in mountainous ares]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 181—185.

*About authors:*

**Aleksikov Sergei Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Zhabbur Visiim** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

**Ismailov Il's Kurambai** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [al34rus@mail.ru](mailto:al34rus@mail.ru)

УДК 625.712.1-047.44

**М. М. Девятков, А. М. Овчинцев**

*Волгоградский государственный технический университет*

# **ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИНИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ГОРОДСКИХ АВТОДОРОГ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ОПЫТА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ И В РОССИИ**

Обоснованы пять принципов проектирования мини кольцевых пересечений городских на основе анализа положительного опыта их проектирования и эксплуатации на улично-дорожной сети городов за рубежом и в России.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** мини кольцевые пересечения, опыт применения, анализ аварийности, принципы проектирования.

Анализ состояния улично-дорожной сети (УДС) крупных городов, и в частности г. Волгограда, показывает, что около 90 % примыканий и пересечений являются нерегулируемыми. Анализ статистики аварийности в свою очередь показывает, что пересечения и примыкания автомобильных дорог являются местами повышенной опасности. Так, по данным зарубежных исследователей здесь происходит от 10 до 40 % общего числа ДТП [1], в России — 8...25 % [2]. Такая ситуация говорит о том, что в этих местах необходима разработка и внедрение современных решений, направленных на повышение безопасности дорожного движения.

Изучение опыта применяемых проектных и практических решений, направленных на повышение безопасности движения и пропускной способности нерегулируемых примыканий и пересечений, как за рубежом, так и в России [1, 3—10], показывает высокую эффективность устройства малых кольцевых пересечений (МКП) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Показатели аварийности в разных странах до и после устройства колец*

| Страна                                                                         | Год — количество КП           |                        |             | Год — количество КП                               |                        |             |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------|---------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Показатели аварийности                                                         | Показатели аварийности        |                        | Снижение, % | Показатели аварийности                            |                        | Снижение, % |
|                                                                                | до устройства колец           | после устройства колец |             | до устройства колец                               | после устройства колец |             |
| Австралия                                                                      | 1981—73 кольцевых пересечений |                        |             | 1990—230 кольцевых пересечений (Штат Новый Уэльс) |                        |             |
| Среднее количество ДТП на одном перекрестке за год                             | —                             | —                      | 74          | 3,910                                             | 2,289                  | 41          |
| Среднее количество ДТП с (пешеходами) пострадавшими на одном перекрестке в год | —                             | —                      | 68          | 1,045                                             | 0,571                  | 45          |
| Среднее количество погибших на одном перекрестке в год                         |                               | 0—за 3 года            |             | 0,024                                             | 0,009                  | 63          |

Окончание табл. 1

| Страна                                                                                                           | Год — количество КП                   |                                |                  | Год — количество КП                        |                                  |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Показатели аварийности                                                                                           | Показатели аварийности                |                                | Сниже-<br>ние, % | Показатели аварийности                     |                                  | Сни-<br>жение,<br>% |
|                                                                                                                  | до устрой-<br>ства колец              | после уст-<br>ройства<br>колец |                  | до устройства<br>колец                     | после уст-<br>ройства ко-<br>лец |                     |
| Бельгия                                                                                                          | 1990—12 кольцевых пересече-<br>ний    |                                |                  | 2000—122 кольцевых пересече-<br>ния        |                                  |                     |
| Среднее количество<br>ДТП с пострадавшими<br>на одном перекрестке в<br>год после переоборудо-<br>вания снизилось | —                                     | —                              | —                | 1,352                                      | 0,789                            | 42                  |
| Среднее количество<br>ДТП высокой тяжести<br>на одном перекрестке в<br>год снизилось                             | —                                     | —                              | —                | 0,373                                      | 0,194                            | 48                  |
| Великобритания                                                                                                   | 1984                                  |                                |                  | 1999—2003                                  |                                  |                     |
| Годовое количество<br>ДТП на кольцевом пе-<br>ресечении                                                          | —                                     | 3,31                           | 16               | —                                          | 1,77                             | 47                  |
| Среднее количество<br>ДТП на кольцевом пе-<br>ресечении                                                          | —                                     | 27,5                           | 28%              | —                                          | —                                | 46,5                |
| Нидерланды                                                                                                       | 1992—181 кольцевое пересе-<br>чение   |                                |                  | 2005                                       |                                  |                     |
| Среднее количество<br>ДТП на одном перекре-<br>стке в год                                                        | 4,9                                   | 2,4                            | 51               | 5,2                                        | 2,4                              | 52                  |
| Среднее количество<br>пострадавших на одном<br>перекрестке в год                                                 | 1,3                                   | 0,37                           | 72               | 2,3                                        | 1,1                              | 51                  |
| США                                                                                                              | 2000 г—600 кольцевых пере-<br>сечений |                                |                  | 2005 г—100 тыс. кольцевых пе-<br>ресечений |                                  |                     |
| Среднее количество<br>ДТП на одном перекре-<br>стке в год                                                        | —                                     | —                              | 39               | —                                          | —                                | 43                  |
| Среднее количество<br>пострадавших на одном<br>перекрестке в год                                                 | —                                     | —                              | 76               | —                                          | —                                | 47                  |
| Франция                                                                                                          | 1986—83 кольцевых пересече-<br>ний    |                                |                  | 1995                                       |                                  |                     |
| Среднее количество<br>ДТП с пострадавшими<br>на одном перекрестке                                                | 1,42                                  | 0,31                           | 78               | —                                          | 0,10                             | —                   |
| Среднее количество<br>пострадавших на одном<br>перекрестке в год                                                 | 2,78                                  | 0,49                           | 82               | —                                          | 0,05                             | —                   |
| Среднее количество<br>погибших на одном<br>перекрестке в год                                                     | 0,16                                  | 0,02                           | 88               | —                                          | —                                | —                   |

Причем в результате обобщения многочисленного опыта за рубежом выработана определенная система применения кольцевых пересечений. Так, в Германии определены 4 группы границ эффективного использования кольцевых пересечений (рис. 1).

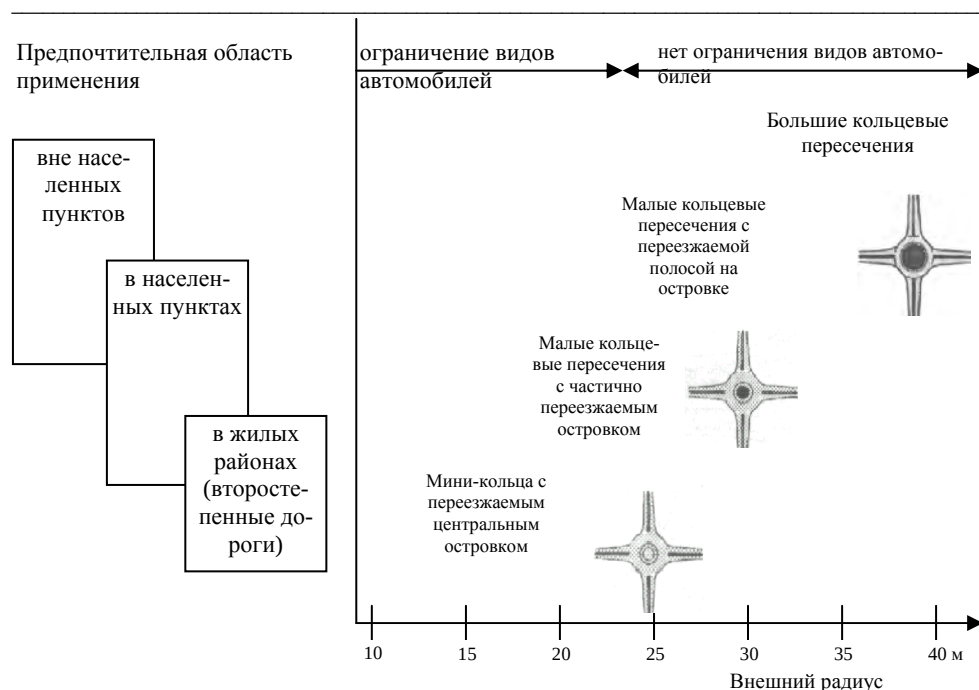


Рис. 1. Диаграмма для определения области применения кольцевых пересечений в Германии по внешнему радиусу кольца [11, рис. 2]

В России в настоящее время разработан проект документа, также регламентирующий проектирование кольцевых пересечений (Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. Ч. 2: Свод правил по проектированию геометрических элементов транспортных пересечений. Проект. <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293778/4293778845.htm>). Причем в качестве основных приводится 6 типов кольцевых пересечений (табл. 2).

Детальное исследование одного из типов кольцевых пересечений — кольцевое пересечение с малым диаметром, выполненное ранее на кафедре ИПТС ВолгГАСУ, позволило обосновать целесообразность более детальной классификации МКП [5], разработать и внедрить рекомендации по проектированию МКП [12].

Представляют также интерес мини кольцевые пересечения (мини-КП), не нашедшие пока в России широкого практического применения из-за отсутствия соответствующих нормативных документов. Поэтому для обоснования принципов их проектирования и разработки соответствующих рекомендаций целесообразно изучить имеющийся зарубежный и российский опыт, а также предложения в этом направлении, изложенные в упомянутом выше своде правил.

Как свидетельствует анализ различных литературных источников, стабилизация общей статистики аварийности, снижение тяжести последствий ДТП, а также повышение пропускной способности пересечений за рубежом достигнуто, в определенной степени, благодаря активному внедрению мини-КП на дорогах и улицах населенных пунктов [1, 4, 13].



Т а б л и ц а 2

*Геометрические параметры основных типов кольцевых пересечений*

| Тип кольцевого пересечения                                                     | Диаметр внешней кромки кольцевой проезжей части, м | Количество полос движения на кольце, шт. |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Кольцевые пересечения с малым диаметром                                        | 24...30                                            | 1(2)                                     |
| Кольцевые пересечения среднего диаметра                                        | 30...50                                            | 1(2)                                     |
| Кольцевые пересечения большого диаметра                                        | 40...60                                            | 2(3)                                     |
| Мини кольцевые пересечения                                                     | 12...24                                            | 1                                        |
| Кольцевые пересечения неполных транспортных развязок                           | 12...60                                            | 1—2                                      |
| Кольцевые пересечения с зоной переплетения в пределах кольцевой проезжей части | не более 200 м                                     | 2                                        |

*Примечание.*

Рекомендации в отношении мини кольцевых пересечений представлены в подразделе 7.7.2 Свода правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений.

Для рассмотрения эффективности и характеристик мини-КП, изучим опыт ряда зарубежных стран.

Современная концепция мини-КП впервые представлена в **Великобритании** в 1970 г. как способ увеличения пропускной способности и снижения транспортных задержек на существующих пересечениях, где другие формы организации движения на перекрестке не применимы или не рациональны. С тех пор функции и назначение мини-колец расширились. На них возложили задачи успокоения движения транспортного потока и снижения числа дорожно-транспортных происшествий на перекрестке. В настоящее время в Великобритании насчитывается более 5000 мини-колец [13].

Департамент Транспорта Великобритании дает следующее определение термина мини-кольцо: «...Мини-кольцо является типом организации движения на пересечении, на котором транспортные средства движутся вокруг белой круговой разметки (центрального островка), имеющей диаметр от 1 до 4 м...» (рис. 2). Правилами движения разрешается пересекать островок длинномерным транспортным средствам (автобусам, грузовикам и автопоездам (рис. 3)) [1, 13].



Рис. 2. Типичный внешний вид мини-кольца с разметкой центрального островка (а) и стоп-линии (б): слева на стойке установлен знак «Круговое движение»



Рис. 3. Допускаемое движение крупных транспортных средств через островок на мини-кольцах [16]. Великобритания

Особенности проектирования и применения современных мини-КП подробно представлены в руководствах Великобритании. К мини-кольцам относят пересечения и примыкания, радиус центрального островка которых не превышает 4 м (рис. 4). При этом центральный островок в основном не обустраивается бортовым камнем и может возвышаться над проезжей частью, но не более чем на 125 мм. Кроме того, предлагаются различные варианты размещения центрального островка, как по оси движения (рис. 4, *а*), так и со смещением относительно нее (рис. 4, *б*) [13, 14, 15].

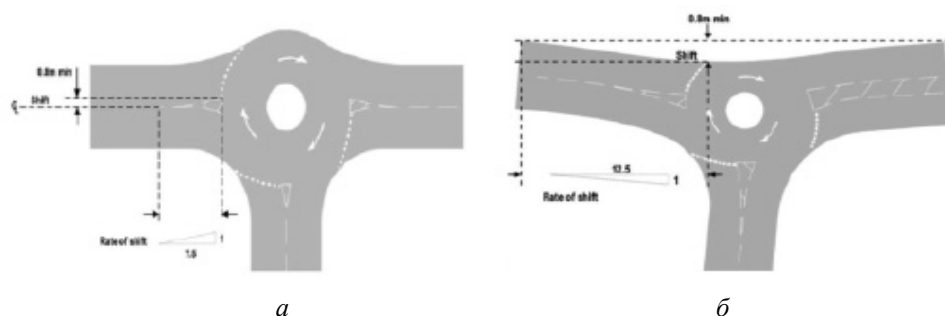


Рис. 4. Мини-КП в Великобритании: *а* — кольцо со смещением во внешнюю сторону (рекомендуемый минимальный сдвиг оси входа на пересечение  $q = 0,8$  м); *б* — кольцо со смещением во внутрь (минимальный сдвиг линии бортового камня — 0,8 м)

Рекомендуется применять мини-КП на улицах и дорогах с ограничением скорости 50 км/ч. При этом, с точки зрения функционального назначения улиц и дорог, применение мини-КП рассматривается в широком диапазоне условий (т. е. жилые, коммерческие и торговые территории).

В **Германии** круговое движение считается одним из наиболее эффективных средств успокоения движения. Minikreisel — мини-КП применяется в основном в условиях стесненной застройки (рис. 5). Кольцевое пересечение фактически вписывается в габариты обычного перекрестка. Ширина полосы на кольце принимается 3,75 м. В центральной части пересечения обустраивается полусферическое возвышение (островок) высотой до 20 см. Таким образом, при необходимости автобусам и длинномерным грузовым автомобилям разрешается въезд на центральный островок (см. рис. 3).

В **России** в настоящее время разработан проект свода правил по проектированию пересечений на автомобильных дорогах

(<http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293778/4293778845.htm>). В том числе рассматриваются вопросы и мини-КП. Основные параметры, предлагаемые для использования при проектировании мини-КП, представлены в табл. 3. В этом документе, как и за рубежом, в качестве одного из проектных принципов предлагается при повороте налево проезд легковых автомобилей по кольцу, а крупногабаритных грузовых автомобилей и сочлененных автобусов через кольцо (рис. 3, 6).

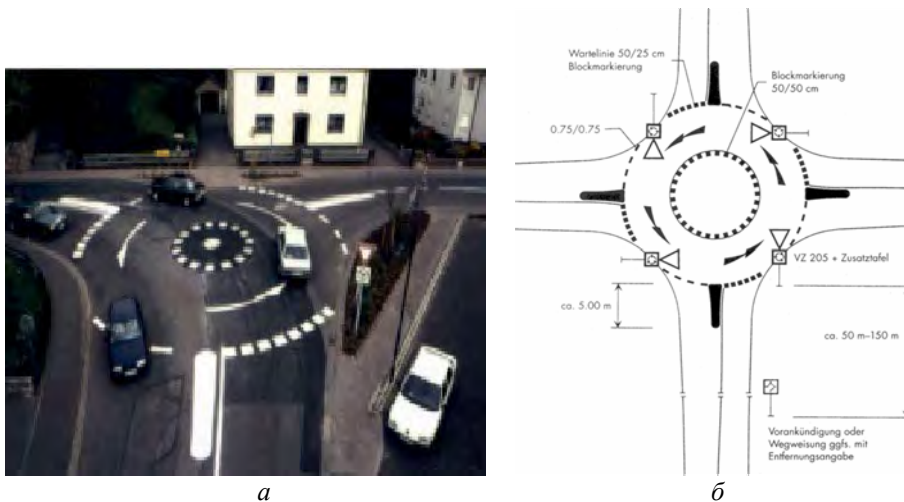


Рис. 5. Мини-КП в Германии: *а* — пример мини-КП, которое применяется в городских условиях; *б* — дорожная разметка, применяемая на мини-КП в Германии

Таким образом, можно выделить в качестве первого проектного принципа — принцип двойного назначения центрального островка мини-КП. Он заключается, с одной стороны, в саморегулировании движения легковых автомобилей не допускающий переезда ими центрального островка. А с другой стороны, возможность переезда центрального островка длинномерными транспортными средствами (рис. 6). Это потребует соответствующих проектных решений.

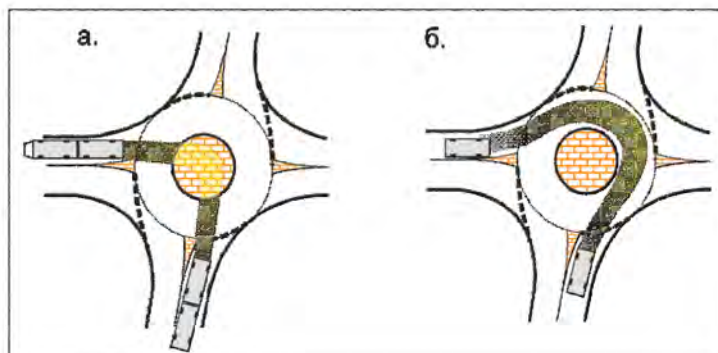


Рис. 6. Проектный принцип двойного назначения центрального островка: *а* — переезд мини-КП крупногабаритными грузовыми (сочлененными автобусами); *б* — объезд мини-КП легковыми автомобилями левоповоротного потока

Интерес к устройству кольцевых пересечений в России также достаточно велик, что подтверждается большим количеством исследований и уже имеющимся опытом реализованных экспериментальных проектов. В частности, такие эксперименты в Волгограде (рис. 7), Перми (рис. 8) и других городах [5, 11, 13, 17] положительно оцениваются и водителями, и пешеходами, и органами ГИБДД. Однако использование таких методов противоречит действующим российским нормам и согласование их внедрения приходится проводить через федеральные структуры. Поэтому объем практического использования таких зарекомендовавших себя за рубежом эффективных проектных решений, как кольцевые пересечения, в России до настоящего времени незначителен. На ликвидацию этого пробела может повлиять скорейшее принятие упомянутого выше проекта свода правил.



Рис. 7. Экспериментальное устройство в МКП в центральной части г. Волгограда [5]: *а* — до установки мини-КП, 2006 г.; *б* — в настоящее время после установки мини-КП

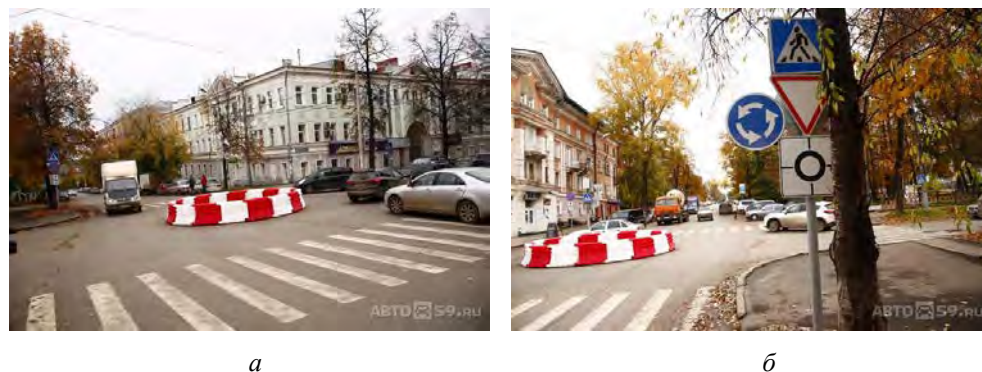


Рис. 8. Мини-КП в г. Перми [17], 2015 г.: *а* — общий вид; *б* — обустройство знаками

В США мини-КП используют, как правило, также в жилых районах как средство успокоения движения (рис. 9). Основные параметры проектных решений несколько отличаются от описанных выше европейских норм и приведены в табл. 3. Есть отличия и в схеме разметки мини-КП, представленной на рис. 10. Здесь разделительные островки на подходах наносят разметкой или делают приподнятыми. Центральный островок выполняют чуть припод-

нятым, что позволяет двигаться грузовым длинномерным транспортным средствам по траектории аналогично описанной выше (см. рис. 5, 6).



Рис. 9. Примеры мини-КП в США [11], применяемые как со знаками и разметкой, так и без них

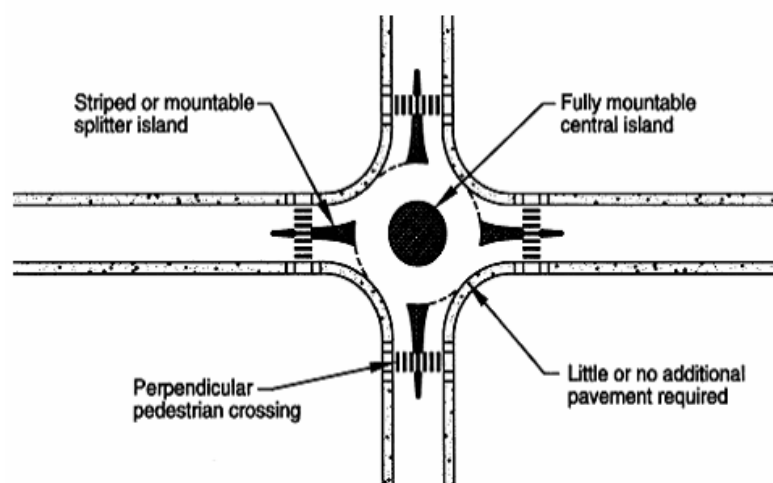


Рис. 10. Схема разметки на типичном мини-КП (mini-roundabout) в США [11]

Обобщение анализа основных параметров мини-КП в некоторых странах, сведенное в табл. 3, показывает, что основными параметрами мини-КП являются:

- 1) размеры мини-кольца (диаметр внутреннего и внешнего кольца, ширина проезжей части на кольце);
- 2) рекомендуемая (расчетная) скорость на входе, км/ч;
- 3) интенсивность движения (пропускная способность) в приведенных единицах (авт/сут);
- 4) характеристики центрального островка (конструкция, высота, наличие конструктивных элементов, выделяющих центральный островок).

Причем в разных странах эти параметры несколько отличаются своими характеристиками, в том числе и в рассматриваемом в России проекте свода правил проектирования. Так, например, если в Великобритании мини-КП в основном обозначаются разметкой [13, 14, 15], то в проекте российских правил предполагается выделение центрального островка бордюрным камнем



(см. рис. 11). Это говорит об актуальности дальнейших исследований по обоснованию наиболее приемлемых решений по принимаемым параметрам мини-КП.

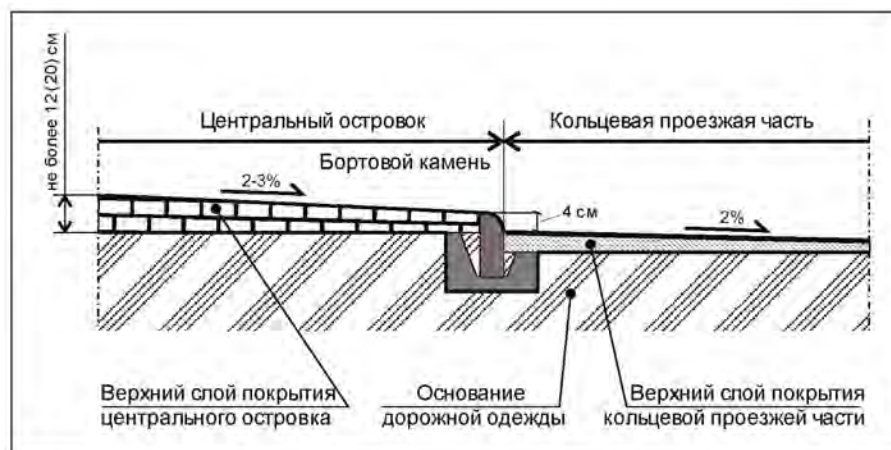


Рис 11. Сопряжение центрального островка мини-КП с проезжей частью (Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений. Ч. 2: Свод правил по проектированию геометрических элементов транспортных пересечений. Проект. <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293778/4293778845.htm>)

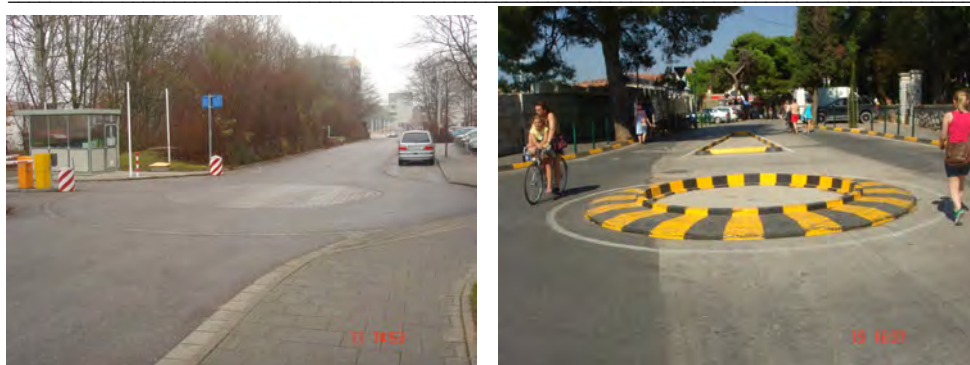
Т а б л и ц а 3

*Основные параметры проектных решений мини-КП в некоторых странах*

| Внешний диаметр мини-кольцевого пересечения | Область применения                                                                    | Интенсивность движения | Диаметр кольцевого островка |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| От 13 до 24 м                               | Только городские территории (улицы и дороги с разрешенной скоростью не более 50 км/ч) | До 20 000 авт/сутки    | 4,0 м                       |

Кроме описанного опыта следует обратить внимание на тенденции расширения применения мини-КП для выполнения и других функций. Особенно часто их используют при организации доступа к различным объектам, а также как разворотные элементы (рис. 12, 13).

Также представляет интерес опыт использования мини-КП не только как отдельного узла, соединяющего несколько потоков, но и как составного элемента сложной развязки (рис. 14). Как показывает опыт Великобритании, такие кольца имеют внешний радиус всего до 8 м [19]. На этих развязках, получивших название «Магическое кольцо» или «Волшебное приключение», движение идет по внешнему кольцу против часовой стрелки, а во внутренних кольцах — по часовой. Важно иметь ввиду, что в Англии левостороннее движение.



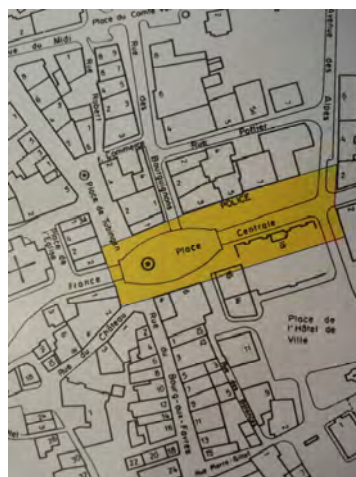
*a*

*б*

Рис. 12. Мини-кольцевое пересечение на въезде на территорию больничного комплекса г. Мюнхен (Германия) (*a*) и на въезде в яхт-клуб (Хорватия) (*б*). Фото М. М. Девятова



*a*



*б*

Рис. 13. Разворотное мини-КП: *a* — на территории гостиницы (Испания). Фото М. М. Девятова.); *б* — на центральной площади г. Монтеу (Германия) [18]

Таким образом, представляется целесообразным выделить второй проектный принцип — принцип многофункциональности использования мини-КП. Он заключается в различных возможностях использования мини-КП: обеспечение доступа к объектам различного функционального назначения; в качестве разворотного кольца; успокоение движения; организация движения в качестве саморегулирующего элемента; повышение пропускной способности; в качестве элемента сложной развязки.



Рис. 14. Пример сложной кольцевой развязки с применением мини-КП для разделения потоков в Великобритании [19]

Выделим еще один важный принцип — принцип однозначной визуальной ориентации, архитектурно ландшафтной совместимости и выразительности. Он следует исходя из того, что мини-КП выступает в качестве саморегулирующего элемента, существенно меняющего направление, траекторию и скорость движения транспортных средств, а также являющегося самостоятельным архитектурным элементом городской визуально-информационной среды. Это следует из имеющегося опыта (см. рис. 7, 9—12).

Следует обратить внимание на то, что причиной популярности мини-КП является в первую очередь их высокая эффективность для безопасности движения. Анализ статистики аварийности, выполненный на примере ряда стран, показывает, что их применение дает снижение количества и особенно тяжести последствий ДТП на 40...80 %.

Так, в Германии в 1995 году был выполнен эксперимент, в рамках которого 13 обычных нерегулируемых перекрестков были переоборудованы в мини-кольца. В результате установлено, что использование мини-кольца вместо обычного перекрестка в городских условиях приводит к значительному снижению аварийности и среднего ущерба от ДТП [16, 20]:

- 1) среднее количество ДТП на 1 миллион автомобилей, проехавших через перекресток, после переоборудования снизилось на 29 % с 0,79 до 0,56;
- 2) среднее количество ДТП высокой тяжести на одном перекрестке в год снизилось на 48 % с 0,373 до 0,194;



3) данные относительной аварийности (табл. 4) также показывают высокую эффективность мини-колец как средства снижения уровня аварийности.

Т а б л и ц а 4

*Относительная аварийность на пересечениях в ФРГ*

| Количество ДТП на 1 млн транспортных средств, прошедших |                          |                                 |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| обычные кольца                                          | регулируемые пересечения | небольшие кольцевые пересечения |
| 6,58                                                    | 3,35                     | 1,24                            |

В США обследование 15 компактных колец с одной полосой (на кольцевой проезжей части) в штате Мериленд (2002 г.) показало снижение количества ДТП — 60 %; сокращение количества ДТП с ранеными — 82 %; количество погибших — 100 %; снижение только материального ущерба — 27 %. Особенно важен факт полного прекращения ДТП с погибшими [18].

В более позднем исследовании 8 перекрестков в штате Мериленд опубликованы такие данные [21]:

среднее количество ДТП на одном перекрестке в год после переоборудования снизилось на 75 % с 5,9 до 1,43;

среднее количество ДТП на 100 миллионов автомобилей, проехавших через перекресток, после переоборудования снизилось на 76,7 % с 1,59 до 0,37 .

Университет штата Орегон опубликовал ряд данных, характеризующих безопасность движения на различных типах пересечений (табл. 5 и 6), также свидетельствующих о преимуществах мини-КП.

Т а б л и ц а 5

*Эффективность внедрения кольцевых пересечений в штате Орегон*

| Тип кольцевого пересечения                | Изменения аварийности |            |                                                           |
|-------------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------------------------------|
|                                           | всех ДТП, %           | раненых, % | ДТП с материальным ущербом (property-damage-only, PDO), % |
| С одной полосой на кольце                 | 51                    | 73         | 32                                                        |
| С многополосной кольцевой проезжей частью | 29                    | 31         | 10                                                        |
| Все кольца                                | 37                    | 51         | 29                                                        |

Т а б л и ц а 6

*Относительная опасность движения пешеходов на кольцевых пересечениях различных типов*

| Тип пересечений               | Количество наездов на пешеходов в расчете на 1 млн автомобилей, прошедших пересечение |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Регулируемые                  | 0,67                                                                                  |
| Мини-кольца                   | 0,31                                                                                  |
| Обычные кольцевые пересечения | 0,45                                                                                  |
| Кольца с расширенными входами | 0,33                                                                                  |

Анализ публикаций по оценке эффективности повышения безопасности дорожного движения в результате устройства мини-КП [16, 21—24] показывает, что этот вопрос пока не изучен так глубоко, как описанный выше опыт внедрения МКП, но замечен значительный положительный эффект повышения безопасности движения. В большей степени это связано еще с одним проектным принципом — принципом минимизации количества и опасности конфликтных точек (рис. 15).

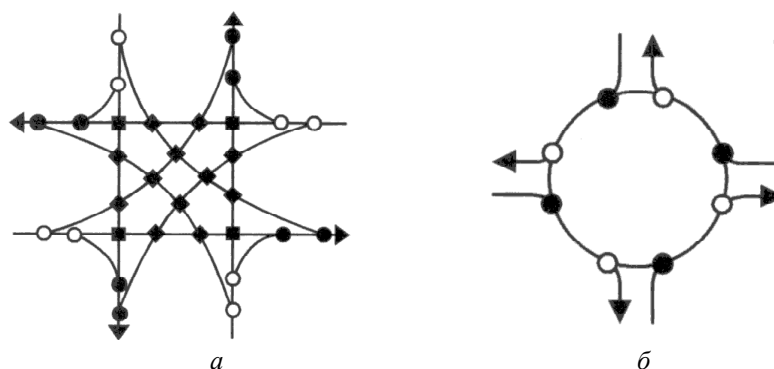


Рис. 15. Принцип минимизации количества и опасности конфликтных точек на мини кольцевом пересечении (б) по сравнению с простым пересечением в одном уровне (а)

Кроме того, учитывая приводимую статистику по участию в ДТП на мини-КП велосипедистов (табл. 7), согласно отчету Транспортно-исследовательской лаборатории (TRL Report 281), представляется целесообразным учитывать имеющийся опыт проектных решений по организации движения на МКП с участием велосипедистов [25] (рис. 16). Это является основанием для выделения еще одного проектного принципа — принципа безопасной совместимости планировочного решения мини-КП с пешеходно-велосипедным движением.

Таблица 7

*Уровни относительной аварийности на пересечениях Великобритании*

| Участники движения | Относительный уровень аварийности, ДТП/10 <sup>7</sup> автомобилей |             |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|
|                    | Регулируемые пересечения                                           | Мини-кольца |
| Велосипедисты      | 175                                                                | 189         |
| Мотоциклы          | 240                                                                | 237         |
| Автомобили         | 48                                                                 | 27          |

Таким образом, обобщение и анализ опыта проектирования и применения мини кольцевых пересечений за рубежом и в России позволил нам обосновать и сформулировать пять принципов проектирования мини кольцевых пересечений и сделать следующие выводы.



Рис. 16. Организация движения на МКП с учетом движения велосипедистов: на кольцевом перекрестке преимущество у велосипеда, а автомобили должны ждать и пропускать [27]

#### **Выводы:**

1. Изучение мероприятий по модернизации и развитию улично-дорожной сети зарубежных городов показывает, что мини кольцевые пересечения начали здесь внедряться с 70-х годов прошлого столетия. Благодаря их высокой эффективности, превосходящей эффективность кольцевых пересечений в целом, и низкой стоимости к настоящему времени они нашли очень широкое применение практически во всех населенных пунктах Европы и Америки и практически не используются в России.

2. Обобщение и анализ опыта проектирования и применения мини кольцевых пересечений за рубежом и в России показал достаточно широкий спектр их применения. В связи с этим для обоснования методики проектирования мини-КП представляется целесообразным выделить пять проектных принципов. Принцип двойного назначения центрального островка мини-КП; принцип многофункциональности использования мини-КП; принцип однозначной визуальной ориентации, архитектурно ландшафтной совместимости и выразительности; принцип минимизации количества и опасности конфликтных точек; принципа безопасной совместимости планировочного решения мини-КП с пешеходно-велосипедным движением.

3. Для реализации принципа двойного назначения центрального островка мини-КП необходимо обоснование его рационального конструктивного исполнения.

4. Для эффективного внедрения принципа однозначной визуальной ориентации, архитектурно ландшафтной совместимости и выразительности необходимы дополнительные исследования восприимчивости водителями и другими участниками движения цветовых, конфигурационных и символьных элементов для обеспечения визуального восприятия, вызывающего адекватные действия водителей.

5. Для реализации принципа многофункциональности использования мини-КП при их проектировании необходима разработка функциональной

классификации мини-КП с выделением целевого, критериального и оценочного уровня их потребительских свойств. Это позволит, в свою очередь, обосновать алгоритм и модель проектирования мини-КП, которые лягут в основу автоматизированного проектирования мини-КП.

6. Изучение опыта устройства мини-КП в разных странах показывает, что используемые для проектирования мини кольцевых пересечений параметры отличаются друг от друга в разных странах. Это говорит об актуальности исследований, направленных на их анализ и обоснование оптимальных параметров для эксплуатации в российских условиях.

7. Зарубежная сравнительная статистика аварийности в местах устройства мини-КП показывает, что их применение дает снижение количества и особенно тяжести последствий ДТП на 40...80 %. Сведения о подобном анализе на УДС городов России отсутствуют. В связи с этим представляется целесообразным сбор и анализ данных статистики ДТП на пересечениях и примыканиях УДС городов для обоснования целесообразности устройства мини-КП.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по безопасности дорожного движения / Р. Эльвик, А. Богер, А. Б. Мюссен, Э. Эствик, Т. Ваа; пер. с норв. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
2. Чванов В. В. Исследование риска дорожно-транспортных происшествий на пересечениях и примыканиях дорог для обоснования мероприятий по повышению безопасности движения // Дороги и мосты: сб. ст. М., 2006. Вып. 15/1. С. 143—152.
3. Teichmann K. Verkehrssicherheit von Kreisverkehrsanlagen im Erftkreis, 2002.
4. Сильянов В. В., Анохин Б. Б. Пути повышения безопасности движения на автомобильных дорогах России // Наука и техника в дорожной отрасли. 2000. № 4. С. 8—10.
5. Девятков М. М., Чумаков Д. Ю. Классификация малых кольцевых пересечений на автомобильных дорогах в городских условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2004. Вып. 4(13). С. 52—58.
6. Brilon W., Stuwe B. Kreisverkehrsplätze — Die Wiederentdeckung einer vernachlässigten Knotenpunktform, RUBIN. Heft 2/92. S. 42—45.
7. Durchweg positive Erfahrungen mit Kreisverkehrsplätzen, wenn die Voraussetzungen stimmen. Polizei Verkehr Bayern + Techn. 2001. 46. № 4. 111 s.
8. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Einsatzkriterien für Kreisverkehrsplätze ausserhalb bebauter Gebiete. Heft 757, 1998.
9. Kramer Die Renaissance der Kreisverkehrsplätze und die Folgen für das Verhaltensrecht im Straßenverkehr, VD 7/1999. S. 145—149.
10. Jacquemart G. Modern Roundabout Practice in the United States. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, 1998. 74 p.
11. Михайлов А. Ю. Современные кольцевые пересечения. Иркутск, 2009. 103 с.
12. Чумаков Д. Ю. Проектирование элементов малых кольцевых пересечений в населенных пунктах: автореф. дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2007. 19 с.
13. Опыт применения мини-кольцевых пересечений в Европе, Аляске, Канаде / И. А. Аникина, Т. К. Балгабеков, Ж. Н. Аубекерова, Н. А. Аубекеров. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8. С. 841—846.
14. Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections. Final Reports, 2004, 214 p.
15. Roundabout Design Standards. A Section of the Traffic Engineering Policy & Design Standards. City of Colorado Springs. Transportation Engineering, 2005. 22 p.
16. Mini roundabouts. Good practices guidance. UK Department for transport. 27 November 2006. 53 p.
17. На пермском перекрестке появилось мини-кольцо. URL: <http://auto.59.ru/text/today/77213412347904.html?full=3>
18. TD 50/04. The Geometric Layout of Signal-Controlled Junctions and Signalised Roundabouts. Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Vol. 6, Section 2, Junctions 2004. 50 p.

19. Магическое кольцо. <http://livepixel.org/sumasshedshie-perekrestki/>
20. Baier R., Ackva A., Baier M. Strassen und Plätze neu gestaltet: Beischnpiele aus der Praxis // Druckerei J. P. Bachem GmbH, Köln. August 2000.
21. Kennedy J. Accidents at roundabouts. TRL, TRL National Roundabout Conference National Roundabout Conference 2005 DRAFT, May 2005.
22. Kennedy J. Review of Accident Research at Roundabouts. Wokingham, Berkshire, Transport Research Laboratory (TRL Limited), 2005. 14 p.
23. Der Kreisverkehr: Informationsschrift zum Thema Kreisverkehr / Redaktion Tober, Stock, Winkler. München, 2005. 96 s.
24. Mini roundabouts. Good practices guidance. UK Department for transport. 27 November 2006 53 p.
25. Голландский велосипед. URL: [http://www.lifeonbike.ru/inthecity/gollandskiy-velosiped/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=](http://www.lifeonbike.ru/inthecity/gollandskiy-velosiped/?utm_source=rss&utm_medium=)

© Девятков М. М., Овчинцев А. М., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Девятков М. М., Овчинцев А. М. Обоснование принципов проектирования мини кольцевых пересечений городских автодорог на основании анализа опыта их использования за рубежом и в России // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 186—202.

Об авторах:

**Девятков Михаил Михайлович** — канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Овчинцев Андрей Михайлович** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ), Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [melanov@mail.ru](mailto:melanov@mail.ru)

**М. М. Devyatov, A. M. Ovchintsev**

## JUSTIFICATION OF THE PRINCIPLES OF DESIGN OF MINI-ROUNDBABOUTS ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF EXPERIENCE OF THEIR OPERATION ABROAD AND IN RUSSIA

Five principles of design of mini-roundabouts on the basis of the analysis of positive experience of their design and operation in the street and road network of cities abroad and in Russia are justified.

**Key words:** mini-roundabout, experience of application, analysis of accident risk, principles of design.

### REFERENCES

1. Elvik R., Mysen A. B., Vaa T. *Tredje utgave*. Oslo, 1997 (Russ. ed.: Elvik R., Boger A., Mussen A. B., E. Estvik, Vaa T. *Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya*. Moscow, MADI (STU), 2001. 754 p.).
2. Chvanov V. V. [Study of accident risk at crossroads and road junctions to justify measures for traffic safety improvement]. *Dorogi i mosty: sbornik statei* [Roads and bridges: collection of articles], 2006, iss. 15/1, pp. 143—152.
3. Teichmann K. *Verkehrssicherheit von Kreisverkehrsanlagen im Erftkreis*, 2002.
4. Sil'yanov V. V., Anokhin B. B. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli* [Ways of traffic safety improvement on highways in Russia]. [Science and technology in road industry], 2000, no. 4, pp. 8—10.
5. Devyatov M. M., Chumakov D. Yu. [Classification of small roundabouts under city conditions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya:*

*Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2004, no. 4(13), pp. 52—58.

6. Brilon W., Stuwe B. Kreisverkehrsplätze — Die Wiederentdeckung einer vernachlässigten Knotenpunktform, RUBIN. Heft 2/92. S. 42—45.

7. Durchweg positive Erfahrungen mit Kreisverkehrsplätzen, wenn die Voraussetzungen stimmen. *Polizei Verkehr Bayern + Techn.* 2001, 46, № 4. 111 s.

8. *Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Einsatzkriterien für Kreisverkehrsplätze ausserhalb bebauter Gebiete.* Heft 757, 1998.

9. Kramer Die Renaissance der Kreisverkehrsplätze und die Folgen für das Verhaltensrecht im Straßenverkehr, VD 7/1999. S. 145—149.

10. Jacquemart G. *Modern Roundabout Practice in the United States.* Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, 1998. 74 p.

11. Mikhailov A. Yu. *Sovremennye kol'tsevye peresecheniya* [Modern roundabouts]. Irkutsk, 2009. 103 p.

12. Chumakov D. Yu. *Proektirovanie elementov malykh kol'tsevykh peresechenii v naselennykh punktakh: avtoreferat dis... kand. tekhn. nauk* [Design of the elements of small roundabouts in populated areas. Cand. Eng. Sc. Diss.]. Volgograd, 2007. 19 p.

13. Anikina I. A., Balgabekov T. K., Aubekerova Z. N., Aubekero N. A. [Practice of mini-roundabouts in Europe, Alaska and Canada]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research], 2015, no. 8, pp. 841—846.

14. *Capacity and Level of Service at Finnish Unsignalized Intersections. Final Reports*, 2004, 214 p.

15. *Roundabout Design Standards. A Section of the Traffic Engineering Policy & Design Standards.* City of Colorado Springs. Transportation Engineering, 2005. 22 p.

16. *Mini roundabouts. Good practices guidance.* UK Department for transport. 27 November 2006. 53 p.

17. *Na permskom perekrestke poyavilos' mini-kol'tso* [There is a mini-roundabout at Perm crossroad]. URL: <http://auto.59.ru/text/today/77213412347904.html?full=3>

18. *TD 50/04. The Geometric Layout of Signal-Controlled Junctions and Signalised Roundabouts.* Design Manual for Roads and bridges. Road geometry. Vol. 6, Section 2, Junctions 2004. 50 p.

19. *Magicheskoe kol'tso* [Magic roundabout]. <http://livepixel.org/sumasshedshie-perekrestki/>

20. Baier R., Ackva A., Baier M. *Strassen und Plätze neu gestaltet: Beispiele aus der Praxis.* Druckerei J. P. Bachem GmbH, Köln. August 2000.

21. Kennedy J. *Accidents at roundabouts.* TRL, TRL National Roundabout Conference National Roundabout Conference 2005 DRAFT, May 2005.

22. Kennedy J. *Review of Accident Research at Roundabouts.* Wokingham, Berkshire, Transport Research Laboratory (TRL Limited), 2005. 14 p.

23. *Der Kreisverkehr: Informationsschrift zum Thema Kreisverkehr.* Redaktion Tober, Stock, Winkler. München, 2005. 96 s.

24. *Mini roundabouts. Good practices guidance.* UK Department for transport. 27 November 2006 53 p.

25. *Gollandskii velosiped* [Dutch bicycle]. URL: [http://www.lifeonbike.ru/inthecity/gollandskiy-velosiped/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=](http://www.lifeonbike.ru/inthecity/gollandskiy-velosiped/?utm_source=rss&utm_medium=)

*For citation:*

Devyatov M. M., Ovchintsev A. M. [Justification of the principles of design of mini-roundabouts on the basis of the analysis of experience of their operation abroad and in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 186—202.

*About authors:*

**Devyatov Mikhail Mikhailovich** — Candidate of Engineering Science, Professor, the Head of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Ovchintsev Andrei Mikhailovich** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [melanov@mail.ru](mailto:melanov@mail.ru)

УДК 625.712:332.145(470.45-25)

**М. М. Девятков, И. М. Вилкова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **О СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА В РАМКАХ СТРАТЕГИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ВОЛГОГРАДА ДО 2030 ГОДА**

Дана оценка состояния дорожно-транспортной инфраструктуры Волгограда, обоснованы подходы к формированию стратегии развития и модернизации этой системы, цели, задачи и методика определения ключевых индикаторов долгосрочного развития и модернизации дорожно-транспортной системы города.

**Ключевые слова:** стратегия развития и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры города, цели, задачи и индикаторы транспортной стратегии города.

В соответствии с Федеральным Законом ФЗ № 172 от 28 июня 2014 года «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [1], другими законодательными и нормативными правовыми актами (О стратегическом планировании в Волгоградской области. Закон Волгоградской области от 31 декабря 2015 года. № 247-ОД; Об утверждении положения о стратегическом планировании в городском округе город-герой Волгоград. Решение Волгоградской городской Думы № 53/1539 от 25.01. 2017 года), Волгоградская городская дума в январе 2017 года утвердила стратегию социально-экономического развития Волгограда до 2030 года<sup>1</sup>. Она представляет собой базовый документ стратегического планирования, констатирующий итоги социально-экономического развития Волгограда за 2006—2015 годы и определяющий приоритеты, цели и задачи социально-экономического развития Волгограда и муниципального управления на период до 2030 года, разработанный как документ общественного согласия, с участием населения, бизнеса и власти.

При подготовке стратегии развития Волгограда до 2030 года в части развития единой транспортной системы города использованы результаты многолетних научных исследований и разработок кафедры «Изыскания и проектирование транспортных сооружений» ВолгГТУ. Эти исследования нашли свое внедрение и проводились также творческим коллективом университета под руководством автора в процессе разработки Комплексной транспортной схемы Волгограда до 2025 г. [1] и получили свое развитие в ряде научных статей [2, 3, 4]. Изложим основные положения этих исследований в части применения при подготовке стратегии развития города Волгограда.

В соответствии с результатами этих исследований сложившаяся к настоящему времени ситуация в дорожно-транспортном комплексе города заключается в следующем.

Волгоград имеет исторически сложившуюся линейно-групповую транспортную схему города со своими характерными особенностями и накопившимися проблемами.

---

<sup>1</sup> Об утверждении стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года. Решение Волгоградской городской Думы № 32/1002 от 15.07. 2015 года.

Уровень автомобилизации последние 10 лет растет на 6-7 % в год и достиг к 2016 году около 350 авт/1000 чел, подвижность населения увеличивается на 8,5...9,0 % в год. Суммарное количество транзитного грузового транспорта на основных магистралях города доходит до 23 000 авт/сут.

Общественный городской пассажирский транспорт, имеющий более 600 км путей сообщения, перевозит пассажиров трамваями (38 %), троллейбусами (31 %), маршрутными такси (14,6 %), автобусами (12 %), электричками (4,4 %). В Волгограде работает уникальная система скоростного трамвая протяженностью 17,3 км, из которых 7,1 км (шесть станций) проложено под землей.

Все это результат возросшей активности населения внутри города, а также значительного увеличения объема межрегиональных перевозок, в связи с тем, что Волгоград является крупным транспортным узлом международных транспортных коридоров «Север-Юг» и «Запад-Восток» и обеспечивает переработку более 100 миллионов тонн грузов в год.

Вместе с тем маршруты трамвайных, троллейбусных и автобусных линий не объединены в общую транспортную сеть. Машинный парк устарел и обладает высоким уровнем износа (96...75 %). Более 50 % всех остановок не соответствуют нормативным требованиям. Неудобные пересадочные узлы, беспорядочное движение большого количества частных маршрутных такси и слабо развитая улично-дорожная сеть (УДС), не соответствующая ежегодному росту транспортных нагрузок, препятствуют эффективному и комфортно-му использованию городского общественного транспорта.

УДС на территории города характеризуется практическим отсутствием прироста за последние 25 лет, несмотря на то, что ее средняя плотность — 0,43 км/км<sup>2</sup>, что в 5,8—7,0 раз ниже оптимальной. Высокий уровень загрузки, более 0,75, наблюдается на 37,7 % протяженности улиц и дорог. Высокий уровень загрузки, более 0,9...0,95, имеют 40 % всех перекрестков на магистральных улицах и дорогах в часы пик.

Средняя скорость транспортных потоков на магистральных дорогах 33,9 км/час, а в часы пик на 37 % протяженности магистралей она составляет от 5 до 15 км/час.

Безопасность, экологичность и удобство движения характеризуются следующими показателями:

- 1) социальная тяжесть последствий ДТП составляет 8,6 погибших в ДТП на 100 тыс. чел. Около 30 % ДТП происходит с участием маршрутных такси;
- 2) в зоне акустического дискомфорта находится 49 % территории застройки;
- 3) зона повышенного загрязнения воздуха занимает 25 % территории застройки;
- 4) твердого покрытия не имеют 26,6 % дорог;
- 5) за пределами нормативной пешеходной доступности остановочных пунктов (500 м) располагается 32 % территории застройки;
- 6) обеспеченность парковочными местами в зонах притяжения (доступа) составляет 25...30 % [1].

Сложившаяся ситуация в дорожно-транспортном комплексе города требует ее кардинальных изменений в ближайшее время. Суть таких изменения заключается в реализации новых, современных, обоснованных концептуальных идей и методов развития и модернизации транспортной системы города.



В основе перспективного развития транспортной системы Волгограда предлагается главная идея — развитие концепции градостроительной агломерации «Большой Волгоград», сформулированной учеными университета [5]. Эта идея закреплена в Генеральном плане г. Волгограда до 2025 года (Решение Волгоградской городской Думы от 29.06.2007 № 47/1112 «Об утверждении Генерального плана Волгограда»). Суть развития этой идеи в том, чтобы транспортно замкнуть полукольцо, образовавшееся из-за линейного роста Волгограда, Волжского и их пригородов вдоль излучины Волги, в единое целое и сформировать таким образом градостроительную агломерацию «Большой Волгоград». При этом в центре «Большого Волгограда» окажутся не жилые застройки, а огромный естественный природно-ландшафтный экологический парк — «Волго-Ахтубинская пойма» (рис. 1). В результате сформируются предпосылки к созданию большого волгоградского транспортного кольца, включающего в себя строительство еще одного моста через р. Волгу в Красноармейском районе, которое обеспечит переход от линейной структуры к радиально-кольцевой транспортно-планировочной инфраструктуре, представляющей собой многоуровневую многокомпонентную природно-техническую систему.

Рассмотрим более подробно принципиальные подходы к стратегии формирования этой системы.

Как показывают теоретические исследования и практический опыт, для анализа и решения проблем инженерно-строительной деятельности целесообразно использование экосистемного подхода (ЭПИД), разработанного в последние десятилетия академиком РАТ А. А. Цернантом [6, 7]. Авторами ранее обоснована целесообразность использования такого подхода при разработке научных основ модернизации УДС городов [2, 3, 4]. Воспользуемся этими научными основами для обоснования стратегии развития дорожно-транспортной системы города Волгограда.

Проектирование и эксплуатация дорожно-транспортных систем длительное время базируется на теоретической модели взаимодействия компонентов дорожно-транспортной системы «водитель — автомобиль — дорога — среда» (В—А—Д—С), которые, как показывает исследование авторов, прошли к настоящему времени значительный эволюционный путь [2]. В результате авторами обосновано, что к настоящему времени сложилась новая современная модель, в которой система В—А—Д—С приобретает всеобъемлющую оболочку в виде социально-экономической среды и трансформируется в систему (ВАДС—СЭС). Протекающие в настоящее время в этой модели социально-экономические процессы являются источниками определения требований к потребительским свойствам (индикаторам), которым должна соответствовать УДС крупных городов в результате ее модернизации в соответствии с современными условиями (рис. 2). Эти требования должны обоснованным способом устанавливаться и учитываться.

Для выбора внутрисистемного вектора развития дорожно-транспортной инфраструктуры города авторами проанализирован опыт 11 городов мира [8]. В результате обобщения этого опыта была построена двухвекторная модель возможных сценариев развития транспортной системы крупного города (рис. 3).

Первый вектор — это сбалансированная, интегрированная, интермодальная транспортная система.

Второй вектор — это вектор автомобильного доминирования на основе максимального учета запросов легкового частного транспорта.

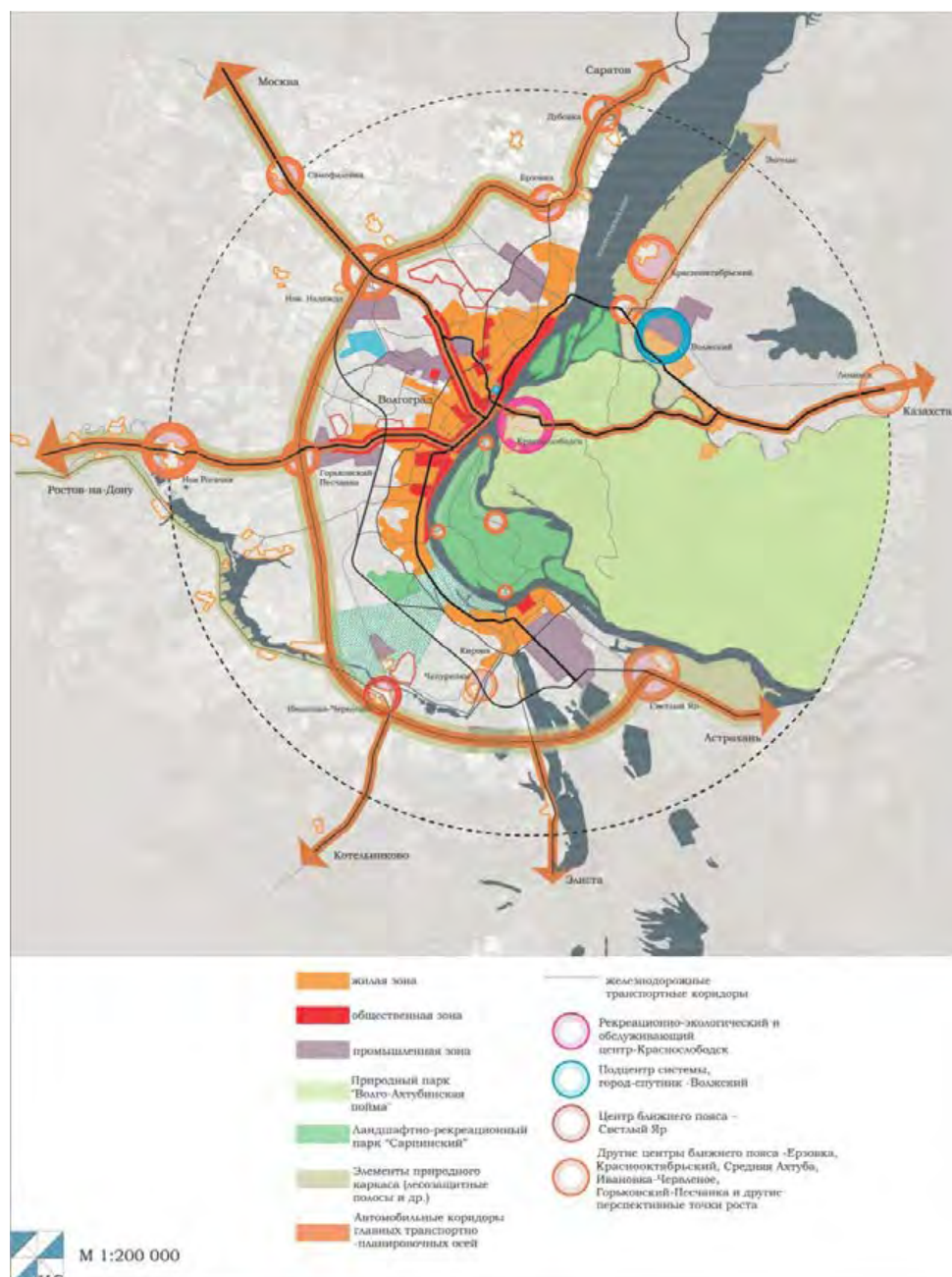


Рис. 1. Градостроительная агломерация «Большой Волгоград» с природно-ландшафтным экологическим парком «Волго-Ахтубинская пойма» в центре агломерации (Решение Волгоградской городской Думы от 29.06.2007 № 47/1112 «Об утверждении Генерального плана Волгограда»)



Рис. 2. Современная модель сложной функционально-потребительской транспортной подсистемы природно-технической системы (ВАДС—СЭС) как базовая для разработки научных основ модернизации улично-дорожной сети крупных городов



Рис. 3. Возможные сценарии развития транспортной системы Волгограда в виде двухвекторной модели

Сопоставление этих двух векторов развития показывает, что многие города, которые выбрали в 50—60-е годы прошлого столетия вектор автомобильного доминирования, сделали очень многое для приспособления транспортных систем города к растущему автомобильному парку и интенсивным транспортным потокам.

Несколько десятилетий спустя стало очевидным, что политика приспособления городов к автомобилям не является эффективным средством от заторов. Детальные исследования условий движения в городах США показывали, что самые тяжелые заторы наблюдались в Хьюстоне, Детройте и Лос-Анджелесе, т. е. как раз там, где были построены наиболее мощные сети городских магистралей. Кроме того, города с гипертрофированным развитием таких сетей, к примеру Детройт, Феникс и Индианаполис, понесли наибольший ущерб от упомянутого выше столкновения городов и автомобилей. Здесь снизилось качество городской среды в целом, обострился целый ряд экономических, экологических и социальных проблем [8]. Многие из этих автомобильно-ориентированных городов предпринимают в настоящее время серьезные усилия и направляют инвестиции в перестройку своих транспортных систем в сторону развития общественного транспорта.

Поэтому, с учетом мирового опыта, для Волгограда целесообразен выбор в пользу вектора сбалансированной интегрированной и интермодальной транспортной системы, обладающей рядом преимуществ (см. рис. 3).

При этом под **интегрированностью** понимают включение в транспортную систему, как в единый механизм, различных видов городского и пригородного транспорта, объединенных между собой транспортными узлами различного уровня.

Под **интермодальностью** понимают выполнение перевозок «от двери до двери» под ответственность одного перевозчика, оплачиваемых по единому билету и единой сквозной ставке независимо от вида транспорта.

В соответствии с выбранным вектором перейдем к формированию подходов к стратегии развития и модернизации дорожно-транспортной системы Волгограда. Для разработки и реализации конкретных сценариев модернизации УДС города, как техносферной компоненты транспортной природно-технической системы (ТПТС), представим УДС города, в соответствии с теорией ЭПВД, на пяти иерархических уровнях. Причем взаимодействие компонентов подсистем, в соответствии с этой теорией, целесообразно рассматривать по одной из трех итерационных схем одновременно на трех сопряженных уровнях иерархии пространственной организации:

1. Мега — макро — мезо.
2. Макро — мезо — микро.
3. Мезо — микро — нано.

При этом УДС города, как объект техносферы, предлагается ранжировать следующим образом:

- 1) сеть как комплекс (мегауровень);
- 2) участки сети, обеспечивающие внутригородские связи (макроуровень);
- 3) участки сети, обеспечивающие сбор транспортных и пешеходных потоков (мезоуровень);
- 4) участки сети, обеспечивающие доступ к объектам жилой, общественной и другой инфраструктуры (микроуровень);

5) современные средства управления движением (наноуровень).

Кроме того, представляется целесообразным включить в эту комплексную систему подсистему организационно-технических мероприятий по объединению общественного транспорта в единую городскую систему (рис. 4).



Рис. 4. Пространственно-временные иерархические уровни формирования Единой комплексной транспортной системы (ЕКТС) Волгограда

Для каждого уровня сформулированы цели, задачи и определены подходы для выбора соответствующих индикаторов оценки уровня достижения цели.

**Цель 1-го уровня:** вывод на современный уровень внешних транспортных связей для удобной, быстрой и всеобъемлющей интеграции с федеральной транспортной сетью.

Цель будет достигнута в результате решения следующих задач:

1) строительство юго-западного обхода Волгограда (рис. 5). Проектные работы по южному участку обхода завершены;

2) устройство четырех транспортных логистических терминалов на подходах к городу в системе транспортных коридоров «Север-Юг» и «Запад-Восток»;



3) строительство транспортно-пересадочного узла (ТПУ) на центральном вокзале Волгограда с выводом грузовых транзитных перевозок за пределы города на обводные пути;

4) реконструкция международного аэропорта Волгоград (работы начаты в 2015 году);

5) развитие пассажирского речного вокзала и грузового речного порта Татьяна;

6) устройство современных транспортных вводов по направлению основных автодорожных магистралей федерального значения.



Рис. 5. Схема размещения юго-западного обхода Волгограда, продления 3-й Продольной магистрали и развития магистральной сети города

**Цель 2-го уровня:** развитие и совершенствование внутриагломерационных связей Волгограда для повышения скорости, безопасности и обеспечения возможности дублирования способов перемещения между районами города.

Достигается путем решения следующих задач:

1) строительство новой 0-й Продольной магистрали вдоль берега р. Волги (начато в 2016 году);

2) продление 1-й Продольной магистрали для обеспечения дублирования единственной на сегодня общегородской продольной связи, обеспечиваемой 2-й Продольной магистралью (начало строительства в 2017 году);

3) строительство южного участка 3-й Продольной магистрали;

4) транспортные развязки, выделенные полосы для скоростного общественного транспорта на продольных магистралях;

5) завершение строительства поперечного автодорожного диаметра с мостовым переходом через р. Волга (рис. 6);

6) железнодорожный диаметр с девятью ТПУ и подъездом к аэропорту (рис. 7);

7) речной диаметр с пристанями для пассажирских и туристических перевозок;

устройство воздушного диаметра вертолетного транспорта с посадочными площадками для обеспечения экстренных перевозок в чрезвычайных ситуациях и при ДТП.



Рис. 6. Поперечный автодорожный диаметр с мостовым переходом через Волгу

**Цель 3 уровня:** перераспределение и совершенствование внутрирайонных поперечных и продольных перемещений (сбор) для объединения всех видов общественного транспорта в единую транспортную систему и снижения уровня загрузки общегородских продольных магистралей.

Достигается в результате решения следующих задач:

1) создание системы «подвозящих» поперечных транспортных связей к ТПУ;

2) развитие дорожных сегментов районов города: путем устройства и развития внутрирайонных связей, параллельных и перпендикулярных продольным магистралям (рис. 8);

3) устройство кольцевой магистрали в центральной части города (рис. 8);

4) устройство многоуровневых развязок и ТПУ (рис. 9) на основных магистралях города — транспортных диаметрах, объединяющих в себе все виды транспорта в ЕКТС города.





Рис. 7. Железнодорожный диаметр с девятью транспортно-пересадочными узлами и показатели эффективности его устройства (Информационный листок ОАО «Волгоградтранспригород» «Предложения по стратегии развития внутригородских пассажирских перевозок и модернизации инфраструктуры транспортно-пересадочных узлов на территории города-героя Волгограда»)



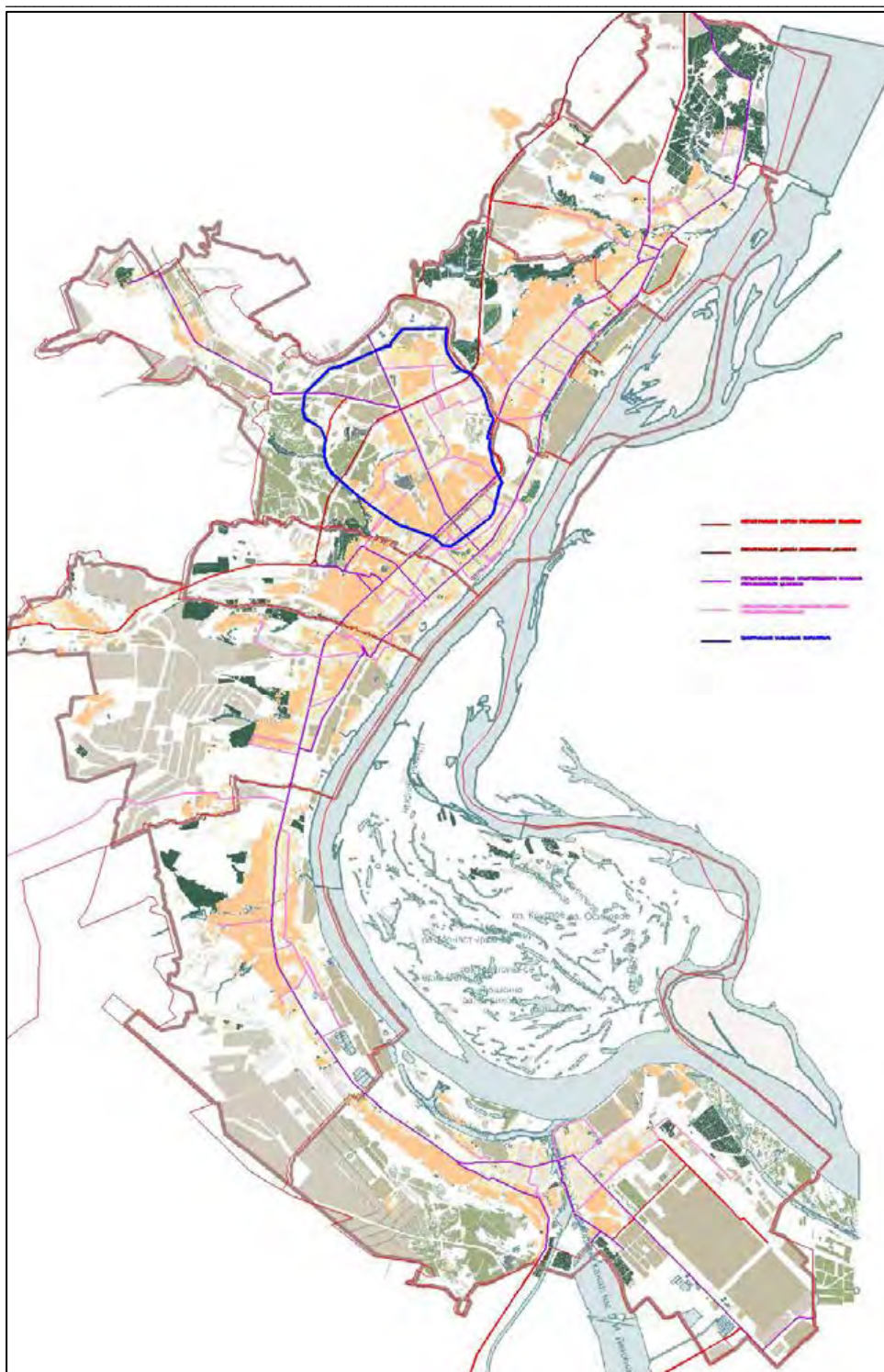


Рис. 8. Уровень сегментного объединения дорог и центральной кольцевой дороги [9]

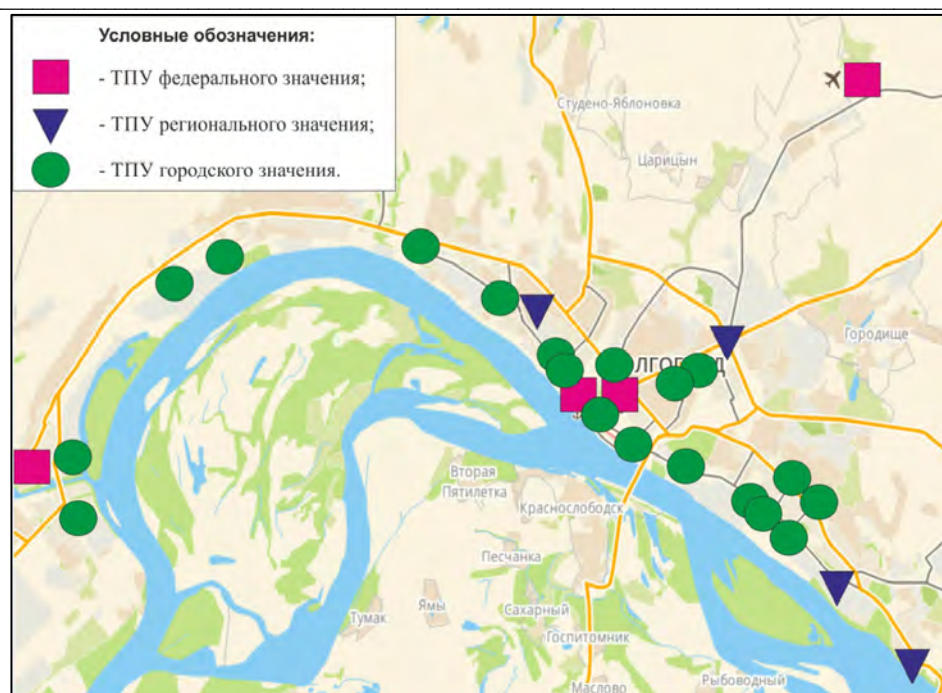


Рис. 9. Схема предлагаемого расположения транспортно-пересадочных узлов в Волгограде (Об утверждении стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года. Решение Волгоградской городской Думы № 32/1002 от 15.07.2015 года.)

**Цель 4-го уровня:** обеспечение безопасного и удобного доступа к местам притяжения.

Будет достигнута в результате решения следующих задач:

- 1) переустройство подъездов к местам притяжения с применением системы мер по успокоению движения (искусственные неровности проезжей части, малые кольцевые пересечения (рис. 10), искусственные препятствия, изменяющие траекторию движения);
- 2) формирование системы парковок и стоянок транспортных средств;
- 3) внедрение конструктивных элементов и условий для движения пешеходов, велосипедистов, маломобильных участников движения;
- 4) устройство пешеходных зон в центральной торгово-прогулочной части города;
- 5) формирование сети транспортных и прогулочных велосипедных дорожек.

**Цель 5-го уровня:** современное управление движением и состоянием УДС и искусственных сооружений в сочетании с мерами по ограничению использования личного и грузового транспорта.

Достигается в результате решения следующих задач:

- 1) создание единого центра управления движением с использованием:
  - а) спутниковых навигационных систем;
  - б) систем управления общественным транспортом с предоставлением ему условий приоритетного скоростного, регламентированного движения;

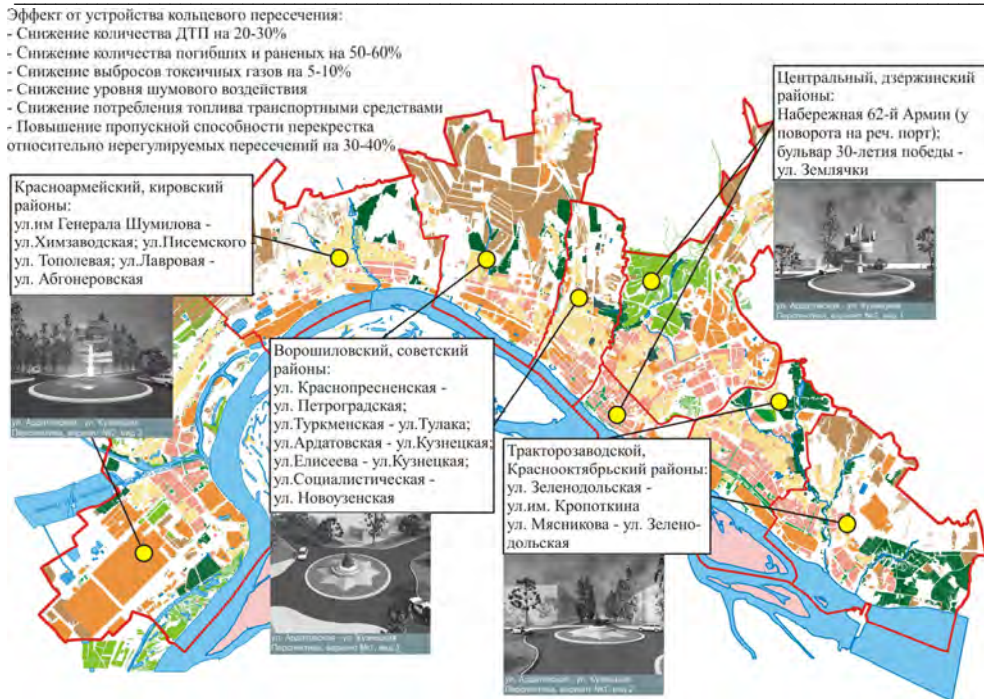


Рис. 10. Схема предлагаемого расположения и показатели эффективности малых кольцевых пересечений на УДС Волгограда [1]

в) наземных телекоммуникационных систем, включающих в себя светофоры с системами видеонаблюдения и видеофиксации, оценки режимов движения и др.;

г) систем датчиков погодных условий, состояния покрытия, объединенных с системой управления состоянием автомобильных дорог;

д) систем оповещения служб МЧС и скорой помощи;

2) организация системы платности парковки в наиболее загруженных частях города;

3) создание системы перехватывающих парковок;

4) создание системы пунктов весового контроля на въездных магистралях в город для контроля нагрузок от грузового транспорта;

5) разработка нормативного документа, закрепляющего определенные временные ограничения движения грузового транспорта на улицах города (например, перевозки основных грузов в интервалы времени наименее загруженных магистралей).

**Цель 6-го уровня:** развитие и организационно-техническое объединение общественного транспорта в единую городскую систему.

Достигается в результате решения следующих задач:

1) создание единой системы городского общественного транспорта на базе линии скоростного трамвая (метротрама) и электрички;

2) развитие существующего скоростного трамвая с устройством третьей очереди;

3) развитие скоростного автобусного сообщения по транспортным диаметрам;



4) формирование системы «подвозящих» маршрутов с автобусами разной вместимости к ТПУ, станциям метротрама, электрички и пристаням;

5) объединение общественного пассажирского транспорта в единый транспортный союз с целью регулирования вопросов расписания движения, тарифной политики, формирования единого информационного поля для пассажиров через единую автоматизированную систему управления движением.

Для обеспечения мониторинга реализации стратегии на каждом целевом уровне определяется перечень соответствующих индикаторов. Для этого формируются экспертные группы (табл.), которые, используя руководящие документы<sup>2</sup>, методологию формирования транспортной стратегии, разработанные методы формирования системы потребительских свойств (индикаторов) для оценки эффективности работы транспортной системы [2], собственный опыт, формируют систему индикаторов. При этом, безусловно, определяющее значение имеют ресурсные возможности муниципального образования.

*Состав экспертных групп для определения перечня индикаторов (потребительских свойств) для оценки достижения целевых установок на разных уровнях иерархии*

| Уровень вопросов для рассмотрения | Содержание вопросов для рассмотрения экспертными группами                                       | Состав экспертов, представляющих определенные группы специалистов и населения                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I                                 | Формирование целевого уровня потребительских свойств                                            | Региональное, муниципальное самоуправление;<br>Региональные, муниципальные администрации;<br>Политические, общественные организации;<br>Средства массовой информации                                                                                                                                   |
| II                                | Формирование критерияльного уровня потребительских свойств                                      | Специалисты: руководители транспортных, дорожных, коммунальных, эксплуатационных предприятий;<br>Территориальное общественное самоуправление;<br>Представители групп с особыми (ограниченные возможности) интересами (женщины, дети/родители, инвалиды, пожилые люди, др.);<br>Частные предприниматели |
| III                               | Формирование системы частных показателей оценочно-измерительного уровня потребительских свойств | Специалисты: главные инженеры, главные архитекторы, инженеры-проектировщики дорожных, транспортных, коммунальных, эксплуатационных предприятий;<br>Водители и пешеходы;<br>Посетители/покупатели;<br>Деловые люди                                                                                      |

<sup>2</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года.

Итогом реализации транспортной стратегии к 2030 году будет формирование ЕКТС градостроительной агломерации «Большой Волгоград», обладающей достаточной безопасностью, доступностью, комфортностью, экономичностью, информативностью.

Достаточность обеспеченности критериев этих показателей, оцениваемых соответствующими индикаторами, определяется уровнем достижения желаемых показателей. Эти показатели формируются исходя из запросов и возможностей общественного самоуправления. Они могут формироваться по разным сценариям в зависимости от наличия ресурсов.

**Выводы:**

1. Дана оценка сложившейся ситуации в дорожно-транспортном комплексе Волгограда, которая по ряду показателей характеризуется как критическая и требует кардинальных изменений в ближайшее время. Суть таких изменения заключается в реализации новых, современных, обоснованных концептуальных идей и методов развития и модернизации транспортной системы города.

2. Сформулирована главная концептуальная идея стратегии развития транспортной инфраструктуры Волгограда, заключающаяся в создании большого волгоградского транспортного кольца, включающего в себя строительство еще одного моста через р. Волгу в Красноармейском районе, которое обеспечит переход от линейной структуры к радиально-кольцевой транспортно-планировочной инфраструктуре, представляющей собой многоуровневую, многокомпонентную природно-техническую систему. В центре, сформированной таким образом градостроительной агломерации «Большой Волгоград», будет огромный естественный природно-ландшафтный экологический парк — «Волго-Ахтубинская пойма».

3. Обоснована, путем использования сформированной авторами двухвекторной модели возможных сценариев развития транспортной системы крупного города, целесообразность применения для Волгограда сбалансированной, интегрированной, интермодальной транспортной системы.

4. Сформулирован подход к формированию стратегии развития и модернизации транспортной системы Волгограда, на основе ее представления как многоуровневой, многокомпонентной сложной системы, сформированной, в соответствии с теорией ЭПД, в виде техносферной компоненты ТПТС. В соответствии с этим подходом обоснована шестиуровневая пространственно-временная иерархически построенная транспортная система города для разработки стратегии ее развития и модернизации.

5. Сформулированы цели и задачи для каждого пространственно-временного иерархического уровня стратегии развития и модернизации комплексной транспортной системы Волгограда

6. Предложена авторами новая современная базовая модель взаимодействия объектов транспортной системы, в которой система «водитель — автомобиль — дорога — среда» (В—А—Д—С) приобретает всеобъемлющую оболочку в виде социально-экономической среды и трансформируется в систему ВАДС—СЭС. Протекающие в настоящее время в этой модели социально-экономические процессы являются источниками определения требований к потребительским свойствам (индикаторам), которым должна соответствовать транспортная инфраструктура крупных городов в результате реализации стратегии ее развития и модернизации в соответствии с современными условиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Девятков М. М.* Комплексная транспортная схема Волгограда до 2025 г.: основные положения: отчет о НИР ГР № 01290.0 803804. Волгоград: ВолгГАСУ, 2008. 113 с.
2. *Девятков М. М.* Основы теории модернизации сети автомобильных дорог городов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2010. № 4. С. 10—15.
3. *Девятков М. М.* Основные понятия и принципы модернизации сети автомобильных дорог городов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: материалы международной науч.-практич. конф., Пермь, 25—27 апреля 2013 г. Т. 3. С. 145—156.
4. *Девятков М. М., Вилкова И. М.* Основные идеи транспортной стратегии градостроительной агломерации «Большой Волгоград» // Развитие и модернизация улично-дорожной сети (УДС) крупных городов с учетом особенностей организации и проведения массовых мероприятий международного значения (в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г.): материалы Междунар. науч.-практ. конф., 17—19 сентября 2014 г., г. Волгоград. Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. С. 16—32.
5. Волгоград: в новый век — с новой стратегией / В. И. Атопов, В. И. Галушкин, В. Н. Кабанов, А. В. Антюфеев. Волгоград, ВолгГАСА, 2001. 192 с.
6. *Цернант А. А.* Экосистемный метод управления качеством объектов транспортного строительства // Строительный эксперт. 1999. № 21 (64). С. 28—29.
7. *Цернант А. А.* Экосистемный подход к инженерно-строительной деятельности (транспортное строительство) // Сборник трудов ЦНИИС. Философия транспортного строительства. № 255. С. 5—28.
8. *Вучик В. Р.* Транспорт в городах, удобных для жизни. М.: Территория будущего, 2011. 576 с.
9. *Девятков М. М., Вилкова И. М.* Концепция развития сети автомобильных дорог г. Волгограда // Экономические проблемы и организационные решения по совершенствованию инвестиционно-строительной деятельности: сб. науч. тр. Вып. 1. СПб.: СПбГАСУ, 2004. С. 71—76.
10. *Мишарин А. С., Евсеев О. В.* Актуализация транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 2 (45). С. 4—13.

© *Девятков М. М., Вилкова И. М., 2017*

*Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.*

*Ссылка для цитирования:*

*Девятков М. М., Вилкова И. М.* О стратегии развития и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры города в рамках стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 203—219.

*Об авторах:*

**Девятков Михаил Михайлович** — канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Вилкова Ирина Михайловна** — канд. экон. наук, доцент, начальник отдела, ООО «Аспект». Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Козловская, 48 Б

***M. M. Devyatov, I. M. Vilkova***

**ABOUT THE DEVELOPMENT STRATEGY AND UPGRADING OF THE ROAD AND TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE CITY WITHIN THE STRATEGY OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF VOLGOGRAD UP TO 2030**

The article provides the assessment of the condition of the road and transport infrastructure in Volgograd. The authors justify the approaches to the generation of the development strategy and upgrading of this system, main purposes, tasks and the methodology of definition of key indicators of a long-term development and upgrading of road and transport system of the city.

**Key words:** development and upgrading strategy of road and transport infrastructure of the city, purposes, tasks and indicators of the transport strategy of the city.

#### REFERENCES

1. Devyatov M. M. *Kompleksnaya transportnaya skhema Volgograda do 2025 g.: osnovnye polozheniya: otchet o NIR GR № 01290.0 803804* [Complex traffic flow scheme of Volgograd up to 2025: main provisions: the report on RW SR no. 01290.0 803804]. Volgograd, VSUACE Publ., 2008. 113 p.
2. Devyatov M. M. [Bases of the Theory of the City Road Network Modernization]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli* [Science and Engineering for Highways], 2010, no. 4, pp. 10—15.
3. Devyatov M. M. [Basic concepts and principles of upgrading of road network in cities]. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse: materialy mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf., Perm', 25—27 aprelya 2013 g. T. 3* [Upgrading and scientific researches in transport industry. Proc. of the Int. Sc.-Pr. Conf., Perm, 25 — 27 April, 2013, vol. 3], pp. 145—156.
4. Devyatov M. M., Vilkova I. M. [Main ideas of the transport strategy of town-planning agglomeration “Big Volgograd”]. *Razvitie i modernizatsiya ulichno-dorozhnoi seti (UDS) krupnykh gorodov s uchetom osobennostei organizatsii i provedeniya massovykh meropriyatiy mezhdunarodnogo znacheniya (v ramkakh podgotovki k Chempionatu mira po futbolu 2018 g.): materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 17—19 sentyabrya 2014 g., g. Volgograd* [Development and upgrading of street and road network (SRN) of large cities taking into account peculiarities of the arrangement and holding of mass events of international significance (while preparing for the FIFA World Cup of 2018). Proc. of the Int. Sc.-Pr. Conf., 17—19 September, 2014, Volgograd]. Volgograd, VSUACE Publ., 2014, pp. 16—32.
5. Atopov V. I., Galushkin V. I., Kabanov V. N., Antyufeyev A. V. *Volgograd: v novyi vek — s novoi strategiei* [Volgograd: into a new century — with a new strategy]. Volgograd, 2001. 192 p.
6. Tsernant A. A. [Ecosystem method of quality control over transport construction objects]. *Stroitel'nyi ekspert* [Construction expert], 1999, no. 21 (64), pp. 28—29.
7. Tsernant A. A. [Ecosystem approach to engineering and construction activity (transport construction)]. *Sbornik trudov TsNIIS. Filosofiya transportnogo stroitel'stva* [Collection of works of CSRIC. Philosophy of transport construction], no. 255, pp. 5—28.
8. Vuchik V. R. *Transport v gorodakh, udobnykh dlya zhizni* [Transport in cities convenient for life]. Moscow, Territoriya Budushchego, 2011. 576 p.
9. Devyatov M. M., Vilkova I. M. [Concept of road network development in Volgograd]. *Ekonomichekieskie problemy i organizatsionnye resheniya po sovershenstvovaniyu investitsionno-stroitel'noi deyatel'nosti: sb. nauch. tr. Vyp. 1* [Economic problems and organizational decisions on the improvement of investment and construction activity: Collection of scientific works, iss. 1]. Sankt Petersburg, SPSUACE Publ., 2004, pp. 71—76.
10. Misharin A. S., Yevseyev O. V. [Actualization of Russian Federation's Transport strategy through to 2030]. *Transport Rossiiskoi Federatsii* [Transport of the Russian Federation], 2013, no. 2 (45), pp. 4—13.

#### For citation:

Devyatov M. M., Vilkova I. M. [About the development strategy and upgrading of the road and transport infrastructure of the city within the strategy of social and economic development of Volgograd up to 2030]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 203—219.

#### About authors:

**Devyatov Mikhail Mikhailovich** — Candidate of Engineering Science, Professor, the Head of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Vilkova Irina Mikhailovna** — Candidate of Economics, Docent, the Head of the Department, “Aspekt” LLC. 48 B, Kozlovskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 656.056.4:625.7390

**К. В. Катеринин**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПРИ НАЛИЧИИ БУЛЬВАРНОЙ ЗОНЫ, РАЗДЕЛЯЮЩЕЙ ВСТРЕЧНЫЕ ПОТОКИ**

Описан и математически обоснован улучшенный трехфазный алгоритм светофорного регулирования на перекрестках, имеющих разделяющую встречные потоки бульварную зону. В качестве примера рассмотрен перекресток проспекта Ленина и улицы Комсомольской в городе Волгограде.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** перекресток, светофорное регулирование, транспортный поток.

Проблема загруженности дорожной сети городов уже давно стала существенной и актуальной проблемой, порождающей целый спектр проистекающих из нее проблем экономического, экологического, социологического и даже культурно-психологического характера. И поскольку кардинальные мероприятия по решению этой проблемы, такие как строительство новых дорог и автомобильных развязок, требуют больших финансовых и временных затрат, то актуальной проблемой дня сегодняшнего становится максимально эффективное использование существующей автодорожной сети.

Существует множество аспектов, влияющих на эффективность эксплуатации автомобильных дорог. Известно, что в городах наиболее аварийно-опасными местами на дорогах являются перекрестки — пересечения проезжих частей дорог в одном уровне. И от того, насколько рационально организовано движение на перекрестке, зависит в конечном итоге безопасность и комфорт водителей и пешеходов, а также пиковая пропускная способность путей движения, проходящих через данный перекресток [1—6].

В случае Т-образного или Х-образного пересечения крупных дорог, без возможности организации кругового движения в силу сложившейся застройки, безальтернативной является организация светофорного регулирования на таком перекрестке. Часто ситуация в таких случаях осложняется наличием посреди одной или обеих дорог бульварной зеленой зоны, что вызывает образование на перекрестке «кармана» небольшой емкости, представляющего собой отдельный участок проезжей части. При малой ширине бульвара его наполнение автотранспортными средствами (АТС) незначительно, встречная полоса движения хорошо просматривается, и в этом случае организация движения ничем не отличается от обычного перекрестка.

Совсем иной становится ситуация при ширине бульварной зоны, достаточной для размещения двух и более АТС (рис. 1). В этом случае организация движения по обычной схеме, когда выезд с перекрестка зашедшего на разрешающий сигнал АТС разрешен независимо от сигнала светофора на выходе (п. 13.7 ПДД РФ), становится неэффективной и, самое главное, небезопасной. В таких случаях на втором пересечении также устанавливаются светофоры, табличка «стоп» (6.16 по ПДД РФ) и делается разметка стоп-линия. В этом случае левый поворот на таком перекрестке АТС вынуждены проходить за



две светофорные фазы. Первая фаза представляет собой наполнение «кармана» на разрешающий сигнал вдоль дороги с бульваром. Затем, на разрешающий сигнал в поперечном направлении, начинается разгрузка «кармана», на которой АТС завершают поворот налево.



Рис. 1. Перекресток проспекта Ленина и улицы Комсомольской, г. Волгоград

Очевидно, что при такой организации движения за каждый цикл фаз светофора левый поворот может совершить ограниченное число АТС, определяемое вместимостью центра перекрестка. Это существенно снижает пропускную способность перекрестка в направлении левых поворотов, что при пересечении равнозначных или близких по загруженности дорог может стать критическим фактором, обуславливающим возникновение заторов, особенно в часы пик.

Возможным решением в таких случаях может служить введение фаз движения только в одном направлении (полностью или поэтапно — с использованием зеленой стрелки на левый поворот). Однако такое решение имеет существенный недостаток — относительный промежуток между разрешающими сигналами по каждому направлению обязательно увеличивается, и в результате такая мера не приводит к существенному улучшению общей дорожной ситуации и даже может ухудшить ее.

В качестве наиболее оптимального решения организации регулирования на таких перекрестках автором предлагается использовать двухфазную схему регулирования с укороченными фазами, в сочетании с введением третьей кратковременной разгружающей фазы. Последняя позволит скопившимся в «кармане» АТС максимально быстро, комфортно и безопасно покинуть пере-

кресток, освободив тем самым пространство для следующей «порции» АТС. Особенно эффективно такая схема должна себя проявить в условиях пиковой загрузки перекрестка, так как она нацелена на максимизацию пропускной способности на левых поворотах, при сохранении высокой пропускной способности в прямых направлениях. Однако следует сразу отметить, что при малой загрузке дорог такая схема будет, возможно, не самой оптимальной. Так, частая смена фаз может снизить среднюю скорость потока и не позволит, например, организовать устойчивый режим «зеленой волны» в прямом направлении. Но с другой стороны, малое временем ожидания на перекрестке положительно влияет на общий комфорт водителей и отчасти компенсирует указанный недостаток.

Математическое моделирование транспортных потоков начало развиваться еще с середины XX века, и на сегодняшний день актуальность этой группы задач стремительно растет. Существуют два основных подхода к решению этой проблемы: макроскопический, рассматривающий поток АТС как сплошную среду, и микроскопический, где каждое АТС рассматривается как отдельная движущаяся «частица». Активно применяются методы имитационного моделирования, элементы теории массового обслуживания, нечеткой логики, различные статистические модели [7—13]. Существуют различные программные комплексы, позволяющие моделировать автотранспортные потоки в различных условиях движения [3].

Особенность потока АТС на регулируемом перекрестке в период наибольшей загруженности заключается в его максимальной плотности, когда полосы движения полностью заполнены, с минимальными интервалами между АТС. Перестроения между полосами в зоне перед перекрестком практически отсутствуют, ввиду необходимости заблаговременно занять полосу движения в соответствии с планируемым направлением проезда перекрестка (п. 8.5 ПДД РФ). Скорости и ускорения всех АТС в пределах перекрестка, ввиду стесненности, умеренные [4, 5, 7].

Указанные особенности позволяют применить для анализа пропускной способности перекрестка упрощенную физико-математическую модель движения группы одинаковых по размеру и параметрам движения АТС, наделенных усредненными характеристиками. Тем более что постановка задачи подразумевает не вычисление реальных параметров изучаемого перекрестка, а сравнение на основе принятой одной модели эффекта от изменения фаз переключений светофоров на перекрестке. Поэтому если упрощенная модель и окажет значимое влияние на результат, то оно будет в равной мере отражено во всех сравниваемых вариантах. Это позволяет утверждать, что при возможной погрешности абсолютного результата относительные (в сравнении друг с другом) результаты такого исследования будут верно отражать реальную ситуацию. К бесспорным достоинствам такой модели следует отнести ее простоту и наглядность, позволяющую оценить достоверность результата любого промежуточного этапа сравнением либо с результатами альтернативной модели, либо с результатами натурных наблюдений в схожей ситуации. Более же сложные математические методы либо готовые программные продукты, безусловно, обладают большой гибкостью и диапазоном возможностей, но выдаваемый ими результат сложно проверить и оценить в процессе его формирования, что также вызывает определенную степень сомнения в полу-

чаемом результате. Областью бесспорного лидерства таких алгоритмов является анализ потоков транспорта на сложных комбинациях объектов дорожной сети, моделирование транспортных потоков с неустановившимися, переменными характеристиками и т. п.

В качестве примера для иллюстрации предлагаемой схемы рассмотрим реальный перекресток в городе Волгограде — пересечение проспекта имени Ленина (Первая продольная магистраль), имеющего посредине бульварную зону шириной 35 м, и улицы Комсомольской (см. рис. 1). На этом перекрестке интенсивный транспортный поток вдоль проспекта Ленина соединяется с насыщенным потоком АТС, движущихся в центр с мостового путепровода через железную дорогу. Критичными на этом пересечении являются левые повороты. Во-первых, большое количество транспорта движется со стороны Ворошиловского района в сторону Дзержинского района и Второй продольной магистрали и поэтому поворачивает налево на Комсомольский путепровод. Во-вторых, большая часть потока с Комсомольского путепровода поворачивает налево именно на этом перекрестке, особенно сейчас, когда новая схема движения запретила левые повороты на пересечении улиц Мира и Комсомольской, а нулевая продольная магистраль еще только развивается в северном направлении, причем выезд с нее по улицам 7-й Гвардейской и Землянского обычно затруднен. На схеме движения через перекресток (рис. 2) эти повороты соответственно обозначены как 1 и 2.

Третий поворот налево, со стороны набережной им. 62-й Армии в сторону Ворошиловского района, на сегодняшний день умеренно загружен транспортом, однако с вводом новых участков Нулевой продольной магистрали его нагруженность будет возрастать.

И, наконец, поворот 4 на схеме является на сегодняшний день самым ненагруженным, так как одностороннее движение на ул. Советской и малая пропускная способность ул. Чуйкова делают предпочтительным движение прямо по проспекту Ленина, с поворотом налево на последующих перекрестках. Однако в будущем, при должном развитии нулевой Продольной магистрали в южном направлении, данное направление станет востребованным.

Таким образом, нумерация направлений движения на рис. 2 специально дана в последовательности убывания их проблемности в реалиях сегодняшнего дня, которая имеет свое отражение в размере «пробок» и затрудненности проезда по каждому из направлений в часы пик. Автор, проживая рядом с этим перекрестком, собрал богатый многолетний опыт натурных наблюдений, практически ежедневно (и часто не по одному разу) проезжая через него на своем автомобиле с разных направлений и при различных степенях загрузки дорог.

На схеме (см. рис. 2) также показаны светофоры на данном перекрестке, они обозначены латинскими буквами от *A* до *F*. Причем на каждом пересечении показан только один светофор из пары (правый ближний). Вторые светофоры каждого пересечения (левые дальние) на схеме не представлены, чтобы избежать перегруженности рисунка.

Организация светофорного регулирования на данном перекрестке представляет собой сегодня простой двухфазный цикл. Первая фаза — разрешающий сигнал для движения вдоль улицы Комсомольской (светофоры *A*, *B*, *C*, *D*), длительность 40 секунд. Вторая фаза — разрешающий сигнал для дви-

жения вдоль проспекта Ленина (светофоры *E* и *F*), длительность 40 секунд. Между этими основными фазами включены переходные фазы желтого сигнала по всем направлениям длительностью 3 секунды. Таким образом, за 1 час происходит 41,9 полных цикла переключений светофоров.

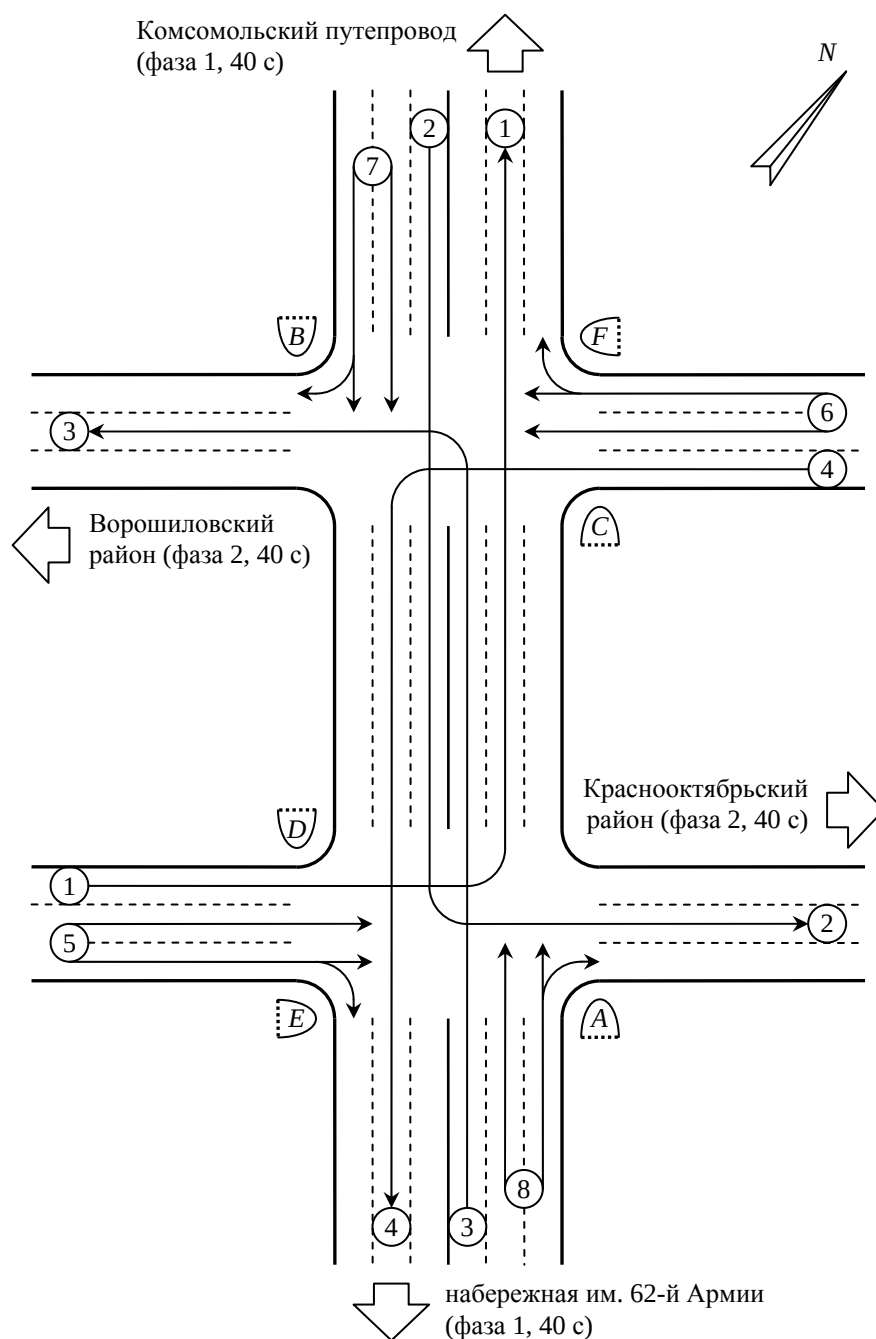


Рис. 2. Схема направлений движения, светофоров и фаз их переключения на перекрестке проспекта имени Ленина и улицы Комсомольской, г. Волгоград

Основной проблемой при такой схеме регулирования является постоянная наполненность центра перекрестка. И если для потока вдоль улицы Комсомольской (7 и 8 на схеме) это не вызывает задержек — все АТС одновременно начинают движение при открытии светофоров первой фазы *A*, *B*, *C*, *D*, то потоки 2 и 3 могут двигаться лишь до момента наполнения срединного участка. Если потоки 7 и 8 не имеют разрывов, что обычно и происходит в часы пик, то завершить проезд перекрестка эти АТС смогут лишь в следующую фазу 1. Обычно при включении зеленого сигнала успевают сразу повернуть налево 1-2 АТС, и в конце фазы, уже на желтый сигнал — не более 4. Причем данные маневры на перекрестке нельзя признать безопасными — они требуют от совершающих их водителей определенного мастерства, хорошей реакции и быстрой адекватной оценки ситуации. Если в такой ситуации окажется новичок, то он может, в лучшем случае, побояться решительно выполнить маневр, что вызовет задержку всего потока и нервную реакцию водителей сзади (сигналы, включение дальнего света фар). Последнее может спровоцировать необдуманный резкий маневр со стороны неопытного водителя, что в итоге может привести к ДТП. Также следует заметить, что многое в такой ситуации зависит и от культуры водителей потоков 7 и 8, которые имеют преимущественное право движения. Если они резко не трогаются при включении зеленого сигнала (и тем более на предшествующий желтый), позволяют паре встречных машин спокойно повернуть налево, то они тем самым способствуют снижению общей нервозности, что благотворно влияет как на пропускную способность перекрестка, так и на их личную безопасность. Точно так же, при «моргающем» зеленом культурный водитель не станет выезжать на такой перекресток с целью побыстрее его проехать (тем более что это прямое нарушение п. 13.2 ПДД РФ), а даст повернуть налево еще нескольким встречным водителям, которые испытывают неудобство из-за отсутствия преимущественного права движения в такой ситуации.

Подводя итог вышесказанному делаем вывод, что такая схема организации левых поворотов 3, и особенно, нагруженного 2 не может быть признана эффективной и безопасной. А в случае тяжелых дорожных условий (рыхлый снег, гололед, ливень, густой туман) или в случае малоопытности, либо агрессивной настроенности кого-либо из водителей, данная схема движения становится просто опасной. Заметим, что на обычных Х-образных перекрестках нагруженных магистралей в последнее время стараются уйти от такой схемы, используя многофазное регулирование, включающее дополнительную светофорную секцию со стрелкой для левого поворота, либо организуя отнесенный на некотором удалении левый разворот, либо организуя круговое движение. К сожалению, на перекрестках рассматриваемого типа, в условиях устоявшейся плотной городской застройки, применение таких решений весьма проблематично.

Рассмотрим теперь прохождение левого поворота потоком 1 (и аналогично малонагруженным потоком 4) в фазу 2 светофорного регулирования. И здесь открывается главная проблема существующей организации движения на этом перекрестке. Поскольку светофоры *A* и *C* закрываются одновременно, то участок между ними при плотном потоке оказывается полностью заполнен АТС, и на перекресток могут выехать лишь несколько (обычно 6—9) АТС. При этом они нередко занимают не только левый,

но и средний ряд, тормозя тем самым поток, движущийся в прямом направлении 5.

Таким образом, при существующей схеме регулирования на данном перекрестке в условиях полной загрузки, за один светофорный цикл в среднем могут пересечь перекресток: в направлении 1 (и аналогично 4) — до 8 АТС, в направлениях 2 и 3 — теоретически до 6 АТС. Однако в реальности, из-за перегруженности направления 2, водители в часы пик занимают на левый поворот на этом перекрестке и левый, и средний ряды. Для движения прямо остается один правый ряд, но, как было отмечено выше в общем анализе ситуации, на сегодняшний день это направление мало востребовано, и этот факт пока сглаживает тяжелую ситуацию в направлении 2.

Оценим пропускную способность перекрестка в прямом направлении. Причем в это число отнесем и АТС, совершающие правый поворот, так как он на данном перекрестке происходит без задержек, благодаря наличию подземного перехода

Примем, согласно применяемой модели, усредненные параметры отдельного АТС следующими. Средняя габаритная длина (с учетом половин интервалов до АТС впереди и сзади в полосе движения)  $L_{\text{ср}} = 7$  м. Размер установлен из тех соображений, что среднестатистическая длина легкового автомобиля составляет порядка 4,5 м, микроавтобуса — 5,5 м, автобуса или троллейбуса — порядка 12 м. Учитывая, что в транспортном потоке городов доля легковых автомобилей составляет около 90 %, а доли средне- и крупно-размерного транспорта варьируются для каждого конкретного перекрестка (примем их равными, по 5 %), получаем усредненную длину АТС:

$$L_{\text{ср}} = 0,9 \cdot 4,5 + 0,05 \cdot 5,5 + 0,05 \cdot 12 = 4,93 \text{ м.}$$

Средняя дистанция между АТС в замедленном потоке в районе перекрестка составляет обычно порядка 2 м [14], что дает  $L_{\text{ср}} = l_{\text{ср}} + 2 \approx 7$  м.

Ускорение свободного разгона  $a$  (без помехи впереди) примем  $1,4 \text{ м/с}^2$ , так как это ускорение, которое гарантированно может обеспечить даже самое медленное современное АТС (оно эквивалентно ускорению при наборе скорости с 0 до 100 км/ч за 20 секунд). Ускорение замедления для простоты расчета примем по модулю таким же,  $-1,4 \text{ м/с}^2$ . Максимальную скорость маневрирования на перекрестке  $v_{\text{max}}$  примем не более 36 км/ч (10 м/с). Временной интервал задержки между троганием впереди стоящего и следующего за ним АТС примем равным 1 секунде — это среднестатистическое время реакции водителя [15]. Таким образом, за время фазы  $t_{\text{ф}}$  разрешающего сигнала светофора в полосе потока каждую секунду начинает движение по одному АТС. Через временной интервал ожидания  $t_0$  секунд начнет движение последнее из  $N$  АТС, которое успеет выехать на перекресток на разрешающий сигнал светофора, т. е.  $N = t_0$ . Его удаленность  $d$  от светофора (стоп-линии) составит в этот момент  $d = 7 \cdot t_0$  метров. Из них  $d_y$  метров АТС пройдет в режиме набора принятой максимальной расчетной скорости на перекрестке  $v_{\text{max}} = 10 \text{ м/с}$ , с ускорением  $a = 1,4 \text{ м/с}^2$ . Время ускоренного движения:

$$t_y = v_{\text{max}}/a = 7,14 \text{ с.} \quad (1)$$

Тогда разгонная дистанция составит:

$$d_y = at_y^2/2 = 35,7 \text{ м.} \quad (2)$$

Оставшийся путь  $(d - d_y)$  АТС будет двигаться равномерно, и время равномерного движения (в секундах) составит:

$$t_p = (d - d_y)/v_{\max} = (7t_0 - 35,7)/10. \quad (3)$$

Таким образом, время разрешающей светофорной фазы для последнего АТС в полосе движения, которое успеет выехать на перекресток на разрешающий сигнал светофора, можно представить в виде суммы временных периодов ожидания, ускорения и равномерного движения:

$$t_{\Phi} = t_0 + t_y + t_p. \quad (4)$$

С учетом (1) и (3), можем преобразовать это равенство к виду:

$$t_{\Phi} = 1,7t_0 + 3,57.$$

Выражая из этого уравнения параметр  $t_0$  и учитывая, что в нашей модели  $N = t_0$ , получим формулу для определения числа АТС (в каждой полосе движения), выезжающих на перекресток на зеленый сигнал длительности  $t_{\Phi}$ :

$$N = 0,59t_{\Phi} - 2,1. \quad (5)$$

Отсюда определяем, что максимальная теоретическая пропускная способность перекрестка в прямом направлении, при 40-секундной длительности фазы разрешающего сигнала светофора, составит 21 АТС по каждой полосе движения. На основании всего вышеизложенного, представим данные по пропускной способности перекрестка, при существующей на сегодня схеме регулирования (назовем ее схема 1), в табл. 1.

Заметим, что приведенные значения справедливы лишь в случае строгого соблюдения водителями требований ПДД. Однако как было отмечено ранее, в реальной ситуации перегруженного перекрестка в часы пик многие водители, желая поскорее проехать, не соблюдают строго правила. Этот факт вносит свои изменения в режим транспортных потоков. В табл. 2 приведены значения, отражающие реальную наблюдаемую картину на данном перекрестке, когда АТС в направлениях 1 и 2 выстраиваются на левый поворот в два ряда (нарушение п. 8.5 ПДД РФ), отнимая тем самым средний ряд у потоков 5 и 7 соответственно. Временами такая ситуация наблюдается и в направлении 3, затрудняя движение потоку 8. Нельзя не отметить, что в результате существенно возрастает пропускная способность перекрестка в самых проблемных направлениях 1—3. То есть можно сказать, что водителям приходится самим компенсировать неудобство существующей схемы регулирования путем неполного соблюдения требований ПДД, чтобы обеспечить приемлемое время прохождения перекрестка. Это наблюдение можно использовать для моделирования альтернативной схемы движения на перекрестке, разрешающей официально, с применением соответствующих дорожных знаков и разметки, поворот налево из средней полосы для движения в направлениях 1—3.

Данные табл. 2 будут являться в этом случае результатом применения такой законно оформленной модели организации движения на перекрестке (назовем ее схема 2), причем фазы светофорного регулирования здесь не меняются.

Т а б л и ц а 1

*Теоретическая пропускная способность перекрестка при используемой сегодня двухфазной схеме регулирования, в случае соблюдения водителями требований ПДД*

| Период         | Длительность | Кол-во АТС, пересекающих перекресток в направлении |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                |              | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Фаза 1         | 40(+3) с     | 6                                                  | 3   | 3   | 6   | —    | —    | 36   | 36   |
| Фаза 2         | 40(+3) с     | 6'                                                 | —   | —   | 6'  | 42   | 42   | —    | —    |
| 1 цикл         | 86 с         | 6                                                  | 3   | 3   | 6   | 42   | 42   | 36   | 36   |
| 1 час          | 41,9 циклов  | 251                                                | 126 | 126 | 251 | 1758 | 1758 | 1507 | 1507 |
| Всего за 1 час |              | 7284                                               |     |     |     |      |      |      |      |

Т а б л и ц а 2

*Теоретическая пропускная способность перекрестка при используемой двухфазной схеме регулирования, при отступлении водителями от требований п. 8.5 ПДД*

| Период         | Длительность | Кол-во АТС, пересекающих перекресток в направлении |     |     |     |     |      |     |      |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
|                |              | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7   | 8    |
| Фаза 1         | 40(+3) с     | 9                                                  | 7   | 5   | 6   | —   | —    | 21  | 33   |
| Фаза 2         | 40(+3) с     | 9'                                                 | —   | —   | 6'  | 21  | 42   | —   | —    |
| 1 цикл         | 86 с         | 9                                                  | 7   | 5   | 6   | 21  | 42   | 21  | 33   |
| 1 час          | 41,9 циклов  | 377                                                | 293 | 209 | 251 | 879 | 1758 | 879 | 1381 |
| Всего за 1 час |              | 6027                                               |     |     |     |     |      |     |      |

Анализ эффекта от применения этой схемы (рис. 3) выявляет существенное снижение теоретического потока в нагруженном направлении вдоль проспекта 5, а также в перспективных направлениях 7 и 8. Также наблюдается ощутимое (более 17 %) снижение общей теоретической пропускной способности перекрестка. Все вышеперечисленное не позволяет признать эффективной используемую сегодня схему светофорного регулирования на данном перекрестке.

Рассмотрим теперь предлагаемый автором альтернативный алгоритм организации светофорного регулирования на перекрестках такого типа. Основная идея заключается во введении после фазы 1 дополнительной разгружающей фазы 1\*, во время которой светофоры А и В закрываются, а светофоры С, D остаются открытыми на протяжении некоторого промежутка времени  $t^*$ . За это время скопившиеся в средней части перекрестка АТС могут беспрепятственно и безопасно продолжать движение прямо и, что особенно ценно, налево в направлениях 2 и 3. Длительность промежутка  $t_1^*$  следует назначить минимальной, во избежание значительного снижения пропускной способности перекрестка в прямом направлении. Но при этом она должна быть достаточной для выезда всех АТС из средней части перекрестка. При полной загруженности какой-либо из полос движения в этой 35-метровой зоне, в ней находятся в среднем 5 АТС.



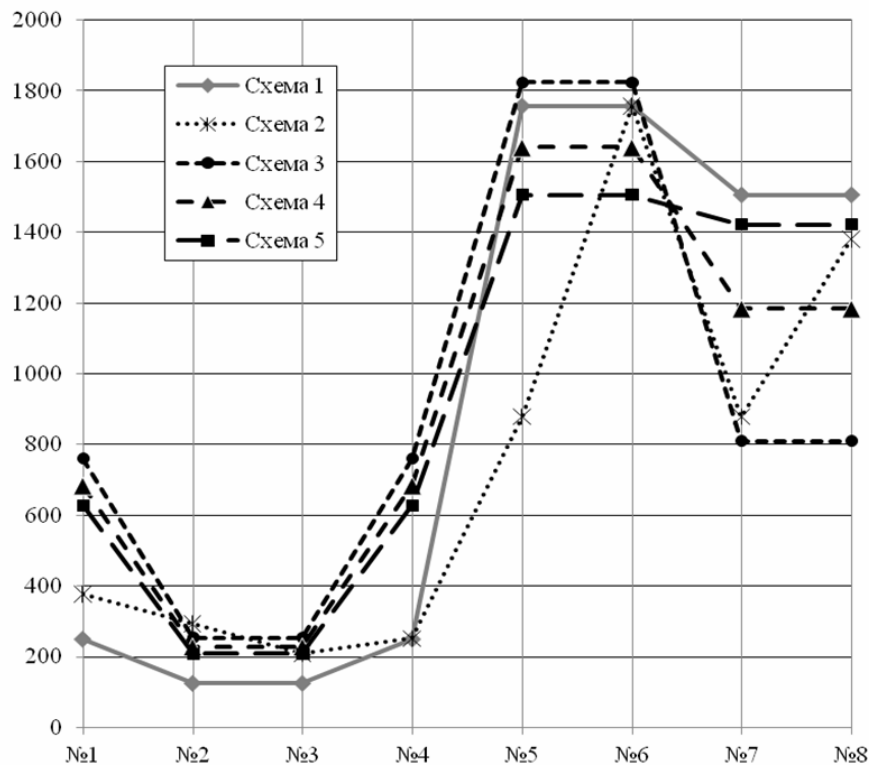


Рис. 3. Пропускная способность перекрестка в направлениях движения 1—8, АТС в час, при различных схемах организации светофорного регулирования

Рассчитаем минимальную необходимую длительность фазы  $t_1^*$ , достаточную для их выезда с перекрестка. Параметры математической модели принимаем аналогично приведенным выше для анализа существующей схемы регулирования. Поскольку длина центральной части меньше, чем зона ускорения  $d_y$ , найденная по (2), то время выезда последнего, пятого АТС в полосе движения, за стоп-линию будет выглядеть аналогично (4), но без фазы равномерного движения:

$$t_1^* = t_0 + t_y,$$

где  $t_0 = N = 5$ , по (2)  $d_y = at_y^2/2 = 35$  м (ширина бульварной зоны), откуда выразим время движения АТС до пересечения стоп-линии:  $t_y = \sqrt{\frac{70}{a}} = 7,1$  с (завершение выезда с перекрестка относим на желтый сигнал светофора).

Таким образом, для полной разгрузки центральной зоны перекрестка достаточно принять длительность разгрузочной фазы  $t_1^* = 12$  с.

Далее рассмотрим процесс наполнения центральной зоны перекрестка в фазу 2 светофорного регулирования АТС из левого ряда (согласно принятой на перекрестке схеме организации движения), движущимися в направлениях 1 и 4. Емкость зоны по каждому из направлений составляет 15 АТС, и время ее наполнения  $t_n$  можем определить по последнему, 15-му АТС из левого ря-

да, успевшему выехать за стоп-линию перекрестка на разрешающий сигнал светофора. Расстояние, пройденное им из стартовой позиции до этого момента, составит  $d = 7t_0 = 7N = 105$  м. Фазы движения этого АТС представляют собой ожидание трогания с места, разгон, равномерное движение с максимальной принятой скоростью маневрирования на перекрестке и замедление. Таким образом,

$$t_n = t_0 + t_y + t_p + t_3.$$

Согласно принятому допущению о равенстве модулей ускорения и замедления АТС, получаем:

$$t_n = t_0 + 2t_y + t_p. \quad (6)$$

В этом случае путь, пройденный АТС в фазах ускорения и замедления, будет одинаков:  $d_y = d_3 = 35,7$  м. Оставшийся путь  $d - d_y - d_3 = 33,6$  м АТС будет двигаться равномерно, время составит:

$$t_p = 33,6/v_{\max} = 3,4 \text{ с}. \quad (7)$$

Таким образом, учитывая, что  $t_0 = N = 15$ , из (6) с учетом (1), (7), получим:

$$t_n = 15 + 14,3 + 3,4 \approx 33 \text{ с}.$$

Следует отметить, что удлинение фазы 2 сигналов светофора сверх этого значения приведет к снижению пропускной способности перекрестка в направлениях 1 и 4. Это произойдет из-за уменьшения числа циклов переключения в час, тогда как число АТС по этим направлениям при  $t_n = 33$  с достигает предельного значения 15 единиц и увеличиваться далее уже не может.

Оценим количество АТС, проехавших в направлениях 5 и 6 за один цикл, если принять длительность второй фазы равной времени наполнения:  $t_{\phi 2} = t_n = 33$  с. По формуле (5) находим:  $N = 0,59 \cdot 33 - 2,1 = 18$  АТС в каждой из полос движения (округляем в большую сторону, так как последующий желтый сигнал разрешает выезд на перекресток набравшего скорость АТС).

Рассмотрим, наконец, вопрос об оптимальной длительности фазы 1 светофорного регулирования на перекрестке  $t_{\phi 1}$ . За минимально допустимую ее длительность можно принять время выезда АТС из центральной зоны перекрестка  $t_1^* = 12$  с, чтобы обеспечить водителям направлений 1 и 4 возможность проехать перекресток в течение одного светофорного цикла. Однако за это же самое время водители направлений 7 и 8 должны успеть полностью заполнить центр перекрестка, чтобы поток этого направления не снижался. Помешать здесь может задержка трогания последнего АТС в центре перекрестка, оцененная ранее как  $t_0 = 5$  с. С учетом этого минимальную длительность фазы 1 можно принять  $t_{\phi 1} = 17$  с. Однако в этом случае существует опасность снижения пропускной способности в прямых направлениях 7 и 8, так как поток будет существенную часть фазы,  $t_0 + t_y \approx 12$  с, находиться в режиме ускорения, при котором пропускная способность ниже вдвое. Последующая фаза  $t_1^*$ , конечно, добавляет время для движения потока с полной скоростью, но все равно необходимо оценить влияние этого параметра на пропускную способность направлений 7 и 8. При  $t_{\phi 1} = 17$  с по формуле (5) находим  $N = 0,59 \cdot 17 - 2,1 = 8$  АТС в каждой из полос движения.

Результат применения новой схемы регулирования приведен в табл. 3, и изображен на рис. 3 под названием «Схема 3».

Т а б л и ц а 3

*Пропускная способность перекрестка при использовании фазы разгрузки, с минимальной длительностью всех фаз*

| Период         | Длительность | Кол-во АТС, пересекающих перекресток в направлении |     |     |     |      |      |     |     |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|
|                |              | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7   | 8   |
| Фаза 1         | 17(+3) с     | 12                                                 | 5'  | 5'  | 12  | —    | —    | 16' | 16' |
| Фаза 1*        | 12(+3) с     | 3                                                  | 5   | 5   | 3   | —    | —    | 16  | 16  |
| Фаза 2         | 33(+3) с     | 15'                                                | —   | —   | 15' | 36   | 36   | —   | -   |
| 1 цикл         | 71 с         | 15                                                 | 5   | 5   | 15  | 36   | 36   | 16  | 16  |
| 1 час          | 50,7 циклов  | 761                                                | 254 | 254 | 761 | 1825 | 1825 | 811 | 811 |
| Всего за 1 час |              | 7302                                               |     |     |     |      |      |     |     |

Анализ результатов показывает существенное увеличение пропускной способности перекрестка, по сравнению с используемой сегодня схемой регулирования в самых проблемных направлениях движения. Так, в направлениях 2 и 3 наблюдается двукратное, а в направлениях 1 и 4 — трехкратное увеличение удельного потока АТС. Кроме этого, наблюдается также небольшое увеличение общей пропускной способности перекрестка (на 0,25 %). Особенно ценно, что такие высокие показатели достигаются в предположении полного соблюдения требований ПДД. В предлагаемой схеме короткий цикл фазы 2, в совокупности с заранее освобождаемой центральной зоной перекрестка, позволяют водителям свободно двигаться на разрешающий сигнал направления 1, что исключает побуждающий мотив занять для поворота налево средний ряд в нарушение п. 8.5 ПДД РФ. Также к плюсам предлагаемой схемы следует отнести удобство завершающего маневра на перекрестке в направлениях 2 и 3, когда в течение фазы «разгрузки» водители спокойно и безопасно совершают левый поворот, являющийся самым опасным, наравне с разворотом, маневром на перекрестке.

Сравнительный анализ рассмотренных схем показывает также существенное снижение (на 46 %) пропускной способности перекрестка в направлениях 7 и 8. На сегодняшний день, как отмечено выше, эти направления являются наименее нагруженными (именно поэтому, согласно принятому порядку нумерации, им присвоены заключительные номера). Поэтому данный факт в реалиях сегодняшнего дня не следует рассматривать как недостаток предлагаемой схемы. Однако, как отмечалось выше, в рамках концепции транспортного развития Волгограда востребованность данных направлений должна существенно вырасти после строительства и сдачи нулевой (рокадной) магистрали. В такой ситуации пропускная способность в направлениях 7 и 8 может оказаться критичной. Ее можно увеличить, повысив длительность фазы 1, оставив неизменными фазы 1\* и 2, не влияющие на данные направления.

В табл. 4 и 5 приведены результаты расчетов пропускной способности перекрестка при увеличении длительности первой фазы с 17 секунд до 25 и 32 секунд соответственно. Графически результаты представлены на рис. 3 как «Схема 4» и «Схема 5». Анализ результатов показывает ощутимое увеличе-

ние пропускной способности в направлениях 7 и 8, при несущественном снижении показателей в направлениях 5 и 6.

Т а б л и ц а 4

*Пропускная способность перекрестка при использовании фазы разгрузки, с увеличенной длительностью фазы 1*

| Период         | Длительность | Кол-во АТС, пересекающих перекресток в направлении |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                |              | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Фаза 1         | 25(+3) с     | 12                                                 | 5'  | 5'  | 12  | —    | —    | 26'  | 26'  |
| Фаза 1*        | 12(+3) с     | 3                                                  | 5   | 5   | 3   | —    | —    | 26   | 26   |
| Фаза 2         | 33(+3) с     | 15'                                                | —   | —   | 15' | 36   | 36   | —    | —    |
| 1 цикл         | 79 с         | 15                                                 | 5   | 5   | 15  | 36   | 36   | 26   | 26   |
| 1 час          | 45,6 циклов  | 684                                                | 228 | 228 | 684 | 1641 | 1641 | 1185 | 1185 |
| Всего за 1 час |              | 7476                                               |     |     |     |      |      |      |      |

Т а б л и ц а 5

*Пропускная способность перекрестка при использовании фазы разгрузки, с существенно увеличенной длительностью фазы 1*

| Период         | Длительность | Кол-во АТС, пересекающих перекресток в направлении |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                |              | 1                                                  | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    |
| Фаза 1         | 32(+3) с     | 12                                                 | 5'  | 5'  | 12  | —    | —    | 34'  | 34'  |
| Фаза 1*        | 12(+3) с     | 3                                                  | 5   | 5   | 3   | —    | —    | 34   | 34   |
| Фаза 2         | 33(+3) с     | 15'                                                | —   | —   | 15' | 36   | 36   | —    | —    |
| 1 цикл         | 86 с         | 15                                                 | 5   | 5   | 15  | 36   | 36   | 34   | 34   |
| 1 час          | 41,9 циклов  | 628                                                | 209 | 209 | 628 | 1507 | 1507 | 1423 | 1423 |
| Всего за 1 час |              | 7534                                               |     |     |     |      |      |      |      |

Все вышеизложенное позволяет сделать следующие **выводы**.

1. Предлагаемая схема организации светофорного регулирования с использованием добавочной разгружающей фазы, на перекрестках с разделением встречных потоков широкой бульварной зоной, является оптимальной и наиболее эффективной.

2. Применение вышеуказанной схемы на проблемном перекрестке проспекта имени Ленина и улицы Комсомольской в городе Волгограде обеспечит с минимальными затратами его высокую транспортную эффективность, существенно повысит безопасность и комфорт водителей.

3. Варьирование параметров схемы позволяет легко ее оптимизировать под меняющиеся реалии общей дорожной обстановки, при сохранении высоких показателей общей пропускной способности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лихачев Д. В. К вопросу пропускной способности регулируемых пересечений // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. 2016. С. 241—246.
2. Шевцова А. Г., Новиков И. А., Боровской А. Е. Современный подход к управлению светофорным объектом // Информационные технологии и инновации на транспорте. 2016. С. 366-370.
3. Евдокимов Е. А., Сенкин Д. В., Сильченков Д. Д. Совершенствование организации дорожного движения на пересечении ул. Рокоссовского и просп. им. маршала Жукова в Волго-

граде с помощью пакета прикладных программ Aimsun // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2015. Т. 12. № 6(166). С. 47—50.

4. *Плотников А. М.* Разработка схем организации движения транспортных потоков на регулируемых перекрестках: учебное пособие. СПб.: Нестор-История, 2010. 110 с.

5. Расчет режимов работы светофорного объекта в условиях насыщенного движения / А. А. Власов, Н. А. Орлов, Д. В. Портов, П. Б. Скрипкин // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 41—44.

6. *Якимов М. Р.* Транспортные системы крупных городов. Пермь: ПГТУ, 2008. 184 с.

7. *Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б.* Организация дорожного движения: учебник для вузов. М.: Транспорт, 2009. 247 с.

8. *Сильянов В. В.* Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для вузов. М., 2008. 123 с.

9. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / под ред. А. В. Гасникова. М.: МЦНМО, 2013.

10. *Обидина Т. С., Обидин М. В., Бабичев С. Л.* Решение задачи об оптимизации светофорных режимов на регулируемых перекрестках с помощью методов микроскопического моделирования транспортных потоков // Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук. Часть VII. Управление и прикладная математика: Труды 55-й научной конференции МФТИ. Долгопрудный, 2012.

11. *Kesting A., Treiber M.* Calibrating car-following models by using trajectory data : Methodological study // Transportation Research Record. 2008. Vol. 2008. Pp. 148—156. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/2088-16>

12. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2010. 1650 p.

13. *Denisov G. A., Likhachev D. V., Strukov Y. V., Razgonyayeva V. V.* Traffic management at junction points of street and road network of cities // Global Science and Innovation. Materials of the 1-st International Scientific Conference. 2013. Pp. 424—426.

14. *Боровской А. Е., Шевцова А. Г.* Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей // Автотранспортное предприятие. 2014. № 5. С. 51—53.

15. *Боровской А. Е., Шевцова А. Г.* Влияние времени реакции водителя на пропускную способность автомобильной дороги // Вестник развития науки и образования. 2014. № 2. С. 24—30.

© Катеринин К. В., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

*Катеринин К. В.* Оптимизация фаз светофорного регулирования на перекрестке при наличии бульварной зоны, разделяющей встречные потоки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 220—234.

Об авторе:

**Катеринин Константин Викторович** — канд. техн. наук, доцент кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [katerinin@yandex.ru](mailto:katerinin@yandex.ru)

**K. V. Katerinin**

## OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHT PHASES AT THE CROSSROADS IN THE PRESENCE OF A BOULEVARD AREA SEPARATING ONCOMING TRAFFIC

The author describes and proves mathematically the three-phase improved algorithm of traffic regulation at crossroads with a boulevard area dividing counter flows. The crossroad in Lenin Avenue and Komsomolskaya street in the city of Volgograd is considered as an example.

**Key words:** crossroad, traffic light control, traffic flow.

REFERENCES

1. Likhachev D. V. [Towards the issue of traffic capacity of regulated crossroads]. *Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv* [Problems of vehicle quality and operation], 2016, pp. 241—246.
2. Shevtsova A. G., Novikov I. A., Borovskoi A. E. [Modern approach to the control of a traffic light object]. *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte* [Information technologies and transport innovations], 2016, pp. 366—370.
3. Evdokimov E. A., Senkin D. V., Sil'chenkov D. D. [Perfection of traffic flow arrangement at the crossroad of Rokossovskogo Street and Marshal Zhukov Avenue in Volgograd by means of Aim-sun application software package]. *Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport* [Energy- and resource-saving: industry and transport], 2015, vol. 12, no. 6(166), pp. 47—50.
4. Plotnikov A. M. *Razrabotka skhem organizatsii dvizheniya transportnykh potokov na reguliruemyykh perekrestkakh* [The design of traffic flow schemes at regulated crossroads]. Saint Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2010. 110 p.
5. Vlasov A. A., Orlov N. A., Portov D. V., Skripkin P. B. [Design procedure to traffic light control intersection in the conditions of the sated movement]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 3, pp. 41—44.
6. Yakimov M. R. *Transportnye sistemy krupnykh gorodov* [Transport systems in large cities]. Perm, PSTU Publ., 2008. 184 p.
7. Klinkovshtein G. I., Afanas'ev M. B. *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya* [Traffic flow arrangement]. Moscow, Transport Publ., 2009. 247 p.
8. Sil'yanov V. V. *Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits* [Transport and operational qualities of roads and city streets]. Moscow, 2008. 123 p.
9. Gasnikov A. V. (ed.). *Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov* [Introduction to mathematical modeling of traffic flows]. Moscow, MCCME, 2013.
10. Obidina T. S., Obidin M. V., Babichev S. L. [The solution of the task on optimization of traffic light modes at regulated crossroads by means of methods of microscopic modeling of traffic flows]. *Sovremennye problemy fundamental'nykh i prikladnykh nauk. Chast' VII. Upravlenie i prikladnaya matematika: Trudy 55-i nauchnoi konferentsii MFTI* [Current problems of fundamental and applied sciences. Part VII. Management and applied mathematics: Works of the 55th MIPT Sci. Conf.]. Dolgoprudnyi, 2012.
11. Kesting A., Treiber M. Calibrating car-following models by using trajectory data : Methodological study. *Transportation Research Record*, 2008, vol. 2008, pp. 148—156. DOI: <http://dx.doi.org/10.3141/2088-16>
12. *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2010. 1650 p.
13. Denisov G. A., Likhachev D. V., Strukov Y. V., Razgonyaeva V. V. Traffic management at junction points of street and road network of cities. *Global Science and Innovation. Materials of the 1-st International Scientific Conference*. 2013. Pp. 424—426.
14. Borovskoi A. E., Shevtsova A. G. [Research of the level of fullness at crossroads taking into account the classification of cars]. *Avtotransportnoe predpriyatie* [Motor transport enterprise], 2014, no. 5, pp. 51 — 53.
15. Borovskoy A. E., Shevtsova A. G. [Influence of the driver's response time on the carrying capacity of an automobile road]. *Vestnik razvitiya nauki i obrazovaniya* [Bulletin of Science and Education Development], 2014, no. 2, pp. 24—30.

For citation:

Katerinin K. V. [Optimization of traffic light phases at the crossroads in the presence of a boulevard area separating oncoming traffic]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 220—234.

About author:

**Katerinin Konstantin Viktorovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Mathematic and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). Russian Federation, 400074, Volgograd, 1, Akademicheskaya St., katerinin@yandex.ru

УДК 625.731.8:620.172.224.1

**А. И. Лескин, М. В. Катасонов, А. А. Степанов**

*Волгоградский государственный технический университет*

# **СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ФАКТИЧЕСКОГО УПРУГОГО ПРОГИБА НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДАМИ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЙ**

Представлены сведения о результатах измерения фактического упругого прогиба нежесткой дорожной одежды на проблемных участках автомобильных дорог регионального значения Волгоградской области. Проведено сравнение полученных данных методами статического и динамического нагружений. Установлена корреляционная зависимость показаний используемых приборов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** автомобильные дороги, упругий прогиб, дорожная одежда, стандартная и фактическая кривые накопления.

В связи с возросшей интенсивностью грузового движения и увеличением воздействия осевых нагрузок за счет перераспределения транспортных потоков с федеральных автомобильных дорог на региональную дорожную сеть, большое значение приобретает оперативная оценка эксплуатационного состояния дорожной одежды, выполненная на основе фактических данных диагностики.

Наиболее значимым показателем, инструментально определяемым при диагностике автомобильных дорог, является оценка несущей способности дорожной конструкции, которая оценивается величиной общего модуля упругости [1—3].

Модуль упругости позволяет судить о прочности дорожной одежды и дает возможность принимать решение о необходимости проведения работ по усилению конструкции, а также выборе рационального способа ремонта существующей сети региональных автомобильных дорог. Этот параметр определяют путем измерения упругого прогиба дорожного покрытия в результате воздействия на него известной нагрузки, с помощью различных приборов и устройств статического и динамического нагружения.

Наиболее известным способом измерения упругого прогиба является статическое нагружение дорожной одежды колесом грузового автомобиля и измерение величины прогиба рычажным прогибомером\*. Однако при исследовании участков автомобильных дорог большой протяженности этот способ является наиболее трудоемким, так как полевые испытания проходят в течение малого по продолжительности расчетного периода года с характерными для него неблагоприятными погодными условиями, что приносит неудобства для их проведения.

Для оперативного получения необходимых данных о состоянии эксплуатируемой дорожной одежды можно проводить испытания с использованием высокопроизводительного оборудования установками динамического нагру-

---

\* ОДН 218.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд. Взамен ВСН 52-89. Введ. 19.11.2012. М: РосДОРНИИ, 2002. 62 с

жения ударного действия [4—6]. ФАУ РОСДОРНИИ был разработан портативный прибор для измерения упругого прогиба МИКРОДИН-2, представляющий собой прибор кратковременного ударного нагружения, имеющий небольшие габаритные размеры и незначительный вес, что дает возможность применять его на автомобильных дорогах и в короткие сроки получать необходимые данные о состоянии дорожной конструкции в целом.

Для обоснованного применения портативного прибора необходимо увязать его показания с расчетной нагрузкой 50 кН на заднюю ось грузового двухосного автомобиля. Авторами на протяжении нескольких лет были проведены обследования дорожных одежд сети региональных дорог Волгоградской области (табл. 1) с целью оценки их прочности на наиболее проблемных участках, на которых покрытие находится в неудовлетворительном состоянии по ровности и с высокой степенью деформированности дорожного покрытия.

Т а б л и ц а 1

*Перечень обследованных региональных автомобильных дорог*

| №  | Идентификационный номер | Наименование автомобильных дорог                                                                                                                                                      |
|----|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 18 ОП РЗ 18Р-1          | Волгоград (от г. Волжский) — Астрахань (в границах территории Волгоградской области)                                                                                                  |
| 2  | 18 ОП РЗ 18А-2          | Михайловка (км 15) — Серафимович — Суrowикино                                                                                                                                         |
| 3  | 18 ОП РЗ 18А-3          | Иловля — Ольховка — Камышин                                                                                                                                                           |
| 4  | 18 ОП РЗ 18А-4          | М-6 Каспий — Фролово — Ольховка — Липовка — автомобильная дорога 1Р 228 Сызрань — Саратов — Волгоград                                                                                 |
| 5  | 18 ОП РЗ 18К-1          | Волгоград — Октябрьский — Котельниково — Зимовники — Сальск (в границах Волгоградской области)                                                                                        |
| 6  | 18 ОП РЗ 18К-2          | Волгоград — Краснослободск — Средняя Ахтуба                                                                                                                                           |
| 7  | 18 ОП РЗ 18К-3          | Цимлянск (Ростовская область) — Нижнегнатов — Чернышковский (в границах территории Волгоградской области)                                                                             |
| 8  | 18 ОП РЗ 18К-5          | Жирновск — Рудня — Вязовка — Михайловка — Кумылженская — Вешенская (Ростовская область) (в границах территории Волгоградской области)                                                 |
| 9  | 18 ОП РЗ 18К-6          | Самойловка (Саратовская область) — Елань — Преображенская — Новоаннинский — Алексеевская — Кругловка — Шумилинская (Ростовская область) (в границах территории Волгоградской области) |
| 10 | 18 ОП РЗ 18К-7          | Новониколаевский — Урюпинск — Нехаевская — Краснополье — Манино (Воронежская область) (в границах Волгоградской области)                                                              |
| 11 | 18 ОП РЗ 18К-8          | Фролово — Даниловка                                                                                                                                                                   |
| 12 | 18 ОП РЗ 18К-9          | Иловатка (км 10) — Старая Полтавка — Гмелинка — Палласовка — Николаевск                                                                                                               |
| 13 | 18 ОП РЗ 18К-10         | Михайловка (км 29,4) — Даниловка — Котово                                                                                                                                             |
| 14 | 18 ОП РЗ 18К-11         | М-6 Каспий — Качалинская — Вертячий — Гумрак                                                                                                                                          |
| 15 | 18 ОП РЗ 18К-14         | Быково — Кайсацкое — Эльтон — Отгонный                                                                                                                                                |
| 16 | 18 ОП РЗ 18К-15         | Червленое — Калач-на-Дону (до автомобильной дороги М-21 Волгоград — Каменск-Шахтинский)                                                                                               |
| 17 | 18 ОП РЗ 18К-25         | Суrowикино (км 7) — Тормосин — Нижнегнатов                                                                                                                                            |
| 18 | 18 ОП МЗ 18Н-53         | Курганный — Клетская (от автомобильной дороги Михайловка (км 15) — Серафимович — Суrowикино)                                                                                          |



Линейные испытания дорожной одежды автомобильных дорог проводились в расчетный период года методами статического и динамического нагружения. При испытаниях методом статического нагружения колесом автомобиля с расчетной нагрузкой 50 кН использовался длиннорычажный прогибомер, обеспечивающий измерение прогибов с точностью  $\pm 0,01$  мм. Величина упругого прогиба определялась как разность значений индикатора часового типа под нагрузкой и без нее на одной точке.

Портативный прибор МИКРОДИН-2 представляет собой переносную установку ударного нагружения дорожной конструкции. Основные параметры прибора для динамического нагружения МИКРОДИН-2: масса груза — 15 кг, диаметр штампа — 10 см, высота падения груза — 70 см, время контактного взаимодействия — 0,005 с. В приборе за счет специальной конструкции уменьшено время контактного взаимодействия с сохранением его квазистатического и упругого характера [4, 7].

Линейные испытания проводили равномерно по полосе наката на расстоянии 1,0...1,5 м от кромки покрытия на каждом выявленном характерном участке длиной не более 1 км на 30 равномерно расположенных друг от друга точках.

Для определения фактического прогиба дорожной конструкции ( $l_f$ ), соответствующего допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия, результаты линейных испытаний обрабатывали согласно методике изложенной в ОДН 218.1.052—2002.

Известно, что на прогиб дорожной конструкции значительное влияние оказывает температура и толщина связных слоев, поэтому оценку прочности дорожных одежд, выполненных с применением вяжущих, целесообразно проводить при температурах связных слоев, близких к расчетным, и не проводить измерения при температурах выше 30 °С, когда роль связных слоев в обеспечении прочности чрезвычайно низка.

На дорожных одеждах известной конструкции при известной зависимости изменения температуры связного слоя по глубине, величина температурной поправки может быть рассчитана теоретически согласно методике ОДН 218.046—2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд».

При отсутствии информации о распределении температуры по глубине, в том случае, когда известна общая толщина связного слоя, температурная поправка может быть определена по температуре на поверхности покрытия. Приведенный упругий прогиб к расчетной температуре покрытия 10 °С можно рассчитать по следующей формуле:

$$l_{10} = K_t L_t, \quad (1)$$

где  $l_{10}$  — упругий прогиб, приведенный к расчетной температуре 10 °С;  $K_t$  — коэффициент приведения к расчетной температуре 10 °С (рис. 1);  $l_t$  — упругий прогиб измеренный в полевых условиях при температуре  $t$ , °С.

Так как время проведения линейных испытаний в отдельных местах характерных участков обычно тоже не совпадает по времени наибольшей потери прочности конструкцией в расчетный период, то результаты и этих испытаний также следует приводить к сопоставимому виду. Такую корректировку выполняют с помощью графика изменения прогиба конструкции во времени, построенного по результатам ежедневных измерений прогиба на контрольной точке, приведенных к сопоставимому виду по температуре.

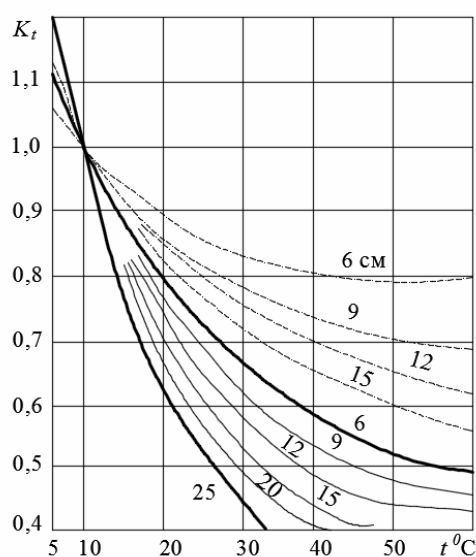


Рис. 1. Зависимость температурного коэффициента  $K_t$  от температуры  $t$  асфальтобетонного покрытия в момент испытания: цифры на кривых — суммарная толщина асфальтобетонных слоев конструкции; штриховыми кривыми показаны данные для испытаний под колесом автомобиля, сплошными — прибором МИКРОДИН-2

В табл. 2 приведен пример корректировки результатов натурных измерений упругого прогиба региональных автомобильных дорог Волгоградской области, проведенных методом статического и динамического нагружения, к расчетной температуре покрытия 10 °С.

Т а б л и ц а 2

Пример температурной коррекции измеренного упругого прогиба

| № АД            | $h_{\text{АБП}}$ , см | $t$ , °С | Упругий прогиб $l_t$ , мм |        | $K_t$ |      | Упругий прогиб $l_{10}$ , мм |        |
|-----------------|-----------------------|----------|---------------------------|--------|-------|------|------------------------------|--------|
|                 |                       |          | П                         | М      | П     | М    | П                            | М      |
| 1               | 2                     | 3        | 4                         | 5      | 6     | 7    | 8                            | 9      |
| 18 ОП РЗ 18Р-1  | 12                    | 25       | 1,0                       | 0,0526 | 0,8   | 0,68 | 0,8                          | 0,0358 |
| 18 ОП РЗ 18А-2  | 15                    | 22       | 0,7                       | 0,0355 | 0,8   | 0,69 | 0,56                         | 0,0245 |
| 18 ОП РЗ 18А-3  | 10                    | 25       | 1,1                       | 0,0547 | 0,81  | 0,7  | 0,88                         | 0,0383 |
| 18 ОП РЗ 18А-4  | 8                     | 26       | 1,1                       | 0,0642 | 0,83  | 0,71 | 0,89                         | 0,0456 |
| 18 ОП РЗ 18К-1  | 12                    | 28       | 1,3                       | 0,0780 | 0,78  | 0,6  | 1,02                         | 0,0468 |
| 18 ОП РЗ 18К-2  | 9                     | 28       | 1,3                       | 0,0748 | 0,79  | 0,65 | 1,05                         | 0,0486 |
| 18 ОП РЗ 18К-3  | 10                    | 20       | 0,5                       | 0,0268 | 0,86  | 0,77 | 0,46                         | 0,0206 |
| 18 ОП РЗ 18К-5  | 15                    | 18       | 0,5                       | 0,0205 | 0,88  | 0,76 | 0,4                          | 0,0156 |
| 18 ОП РЗ 18К-6  | 12                    | 25       | 1,1                       | 0,0581 | 0,8   | 0,68 | 0,87                         | 0,0395 |
| 18 ОП РЗ 18К-7  | 12                    | 20       | 0,4                       | 0,0184 | 0,85  | 0,75 | 0,36                         | 0,0138 |
| 18 ОП РЗ 18К-8  | 16                    | 22       | 0,7                       | 0,0427 | 0,82  | 0,64 | 0,58                         | 0,0273 |
| 18 ОП РЗ 18К-9  | 15                    | 27       | 1,3                       | 0,0726 | 0,74  | 0,58 | 0,98                         | 0,0421 |
| 18 ОП РЗ 18К-10 | 10                    | 25       | 0,8                       | 0,0366 | 0,81  | 0,7  | 0,68                         | 0,0256 |

Примечание:  $h_{\text{АБП}}$  — толщина асфальтобетонных слоев на участке измерения; П — длиннобазовый рычажный прогибомер; М — МИКРОДИН-2.

Полученные экспериментальные данные использовали для получения зависимости показаний используемых приборов (рис. 2).

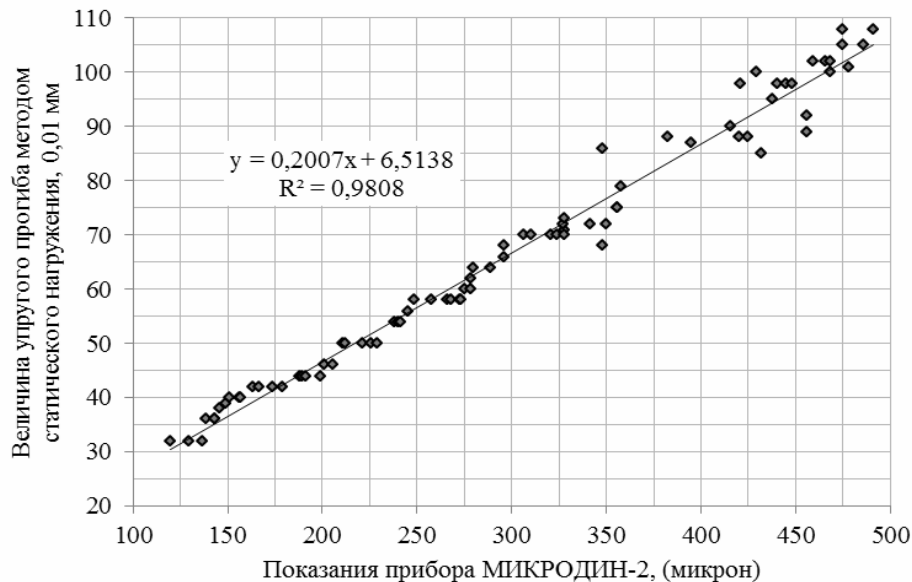


Рис. 2. Зависимость показаний прибора МИКРОДИН-2 и величины упругого прогиба, измеренного длиннобазовым рычажным прогибомером

По результатам экспериментальных замеров выявлена корреляционная зависимость статического прогиба от действия нагрузки 50 кН и динамического прогиба от действия портативного прибора кратковременного динамического нагружения, представленные на рис. 2. Коэффициент корреляции равен 0,98. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что полученное уравнение регрессии обладает тесной корреляционной связью. Как видно из рис. 2, величины прогибов имеют хорошую сходимость, что свидетельствует о возможности адекватного моделирования динамического воздействия и статического нагружения.

Для быстрого перехода с одного метода на другой можно воспользоваться полученным уравнением:

$$l_{\text{ст}} = 0,002l_{\text{м}} + 0,0651, \text{ мм} \quad (2)$$

где  $l_{\text{ст}}$  — упругий прогиб методом статического нагружения;  $l_{\text{м}}$  — показания прибора МИКРОДИН-2.

Выполненные исследования позволили сделать следующие **выводы**:

1. Проведена экспериментальная оценка состояния дорожной одежды на участках сети региональных автомобильных дорог Волгоградской области с использованием портативной установки динамического нагружения МИКРОДИН-2.

2. Проведено сравнение полученных данных с методом статического нагружения длиннобазовым рычажным прогибомером. Установлена корреляционная зависимость показаний используемых приборов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лушников П. А. Разработка экспресс методов определения вязкоупругих свойств нежестких дорожных одежд, с применением портативных приборов ударного действия: автореф... канд. техн. наук. М., 2009.
2. Углова Е. В., Тиратуриян А. Н., Ляпин А. А. Комплексный подход к исследованию характеристик динамического деформирования на поверхности нежестких дорожных одежд с использованием методов неразрушающего контроля // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2016. № 2. С. 111—130. DOI: 10.15593/pern.mech/ 2016.2.08
3. Кузнецов Ю. В., Мордовин С. С. Проблемы оценки прочности нежестких дорожных одежд // Проектирование автомобильных дорог: сб. науч. тр. МАДИ (ГТУ). М., 2007. С. 59—69.
4. Углова Е. В., Тиратуриян А. Н. Оценка прочности нежестких дорожных одежд. Опыт применения установки динамического нагружения FWD Primag на участках автомобильной дороги М-4 «ДОН» // Дорожная держава. 2014. № 57. С. 55—60.
5. Столяров В. В., Зверкова Е. Е., Фомина А. С. Оценка надежности нежестких дорожных одежд на основе законов распределения общих модулей упругости // Дороги и мосты. 2014. № 30. С. 153—174.
6. Углова Е. В., Тиратуриян А. Н. Исследование однородности и прочности нежесткой дорожной конструкции с использованием установки динамического нагружения FWD // Дороги и мосты. 2015. № 33. С. 163—174.
7. Лушников П. А. Об оценке упругих свойств слоев дорожной одежды // Дороги и мосты. 2009. Вып. 21. С. 101—110.

© Лескин А. И., Катасонов М. В., Степанов А. А., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Лескин А. И., Катасонов М. В., Степанов А. А. Сравнение значений фактического упругого прогиба нежесткой дорожной одежды, полученного методами статического и динамического нагружений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 235—241.

Об авторах:

**Лескин Андрей Иванович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, leskien@inbox.ru

**Катасонов Максим Викторович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, max.inga@rambler.ru

**Степанов Александр Александрович** — магистрант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**A. I. Leskin, M. V. Katasonov, A. A. Stepanov**

**COMPARISON OF VALUES OF THE ACTUAL BANGING MOTION OF FLEXIBLE ROAD PAVEMENT RECEIVED BY THE METHODS OF STATIC AND DYNAMIC LOADINGS**

Data on the results of measurement of the actual banging motion of flexible road pavement on problem sections of highways of regional value in Volgograd Oblast are submitted. Comparison of the obtained data is carried out by the methods of static and dynamic loadings. Correlation dependence of indications of the used devices is found.

**Key words:** highways, banging motion, road pavement, standard and actual curve accumulation.

---

REFERENCES

1. Lushnikov P. A. *Razrabotka ekspress metodov opredeleniya vyazkouprugikh svoystv nezhestkikh dorozhnykh odezhd, s primeneniem portativnykh priborov udarnogo deistviya: avtoref... kand. tekhn. nauk* [The development of express methods of determination of viscoelastic properties of nonrigid road pavement using portable shock action devices. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Moscow, 2009.
2. Uglova E. V., Tiraturyan A. N., Lyapin A. A. [Integrated approach to studying characteristics of dynamic deformation on flexible pavement surface using nondestructive testing]. [PNRPU Mechanics Bulletin], 2016, no. 2, pp. 111—130. DOI: 10.15593/perm.mech/ 2016.2.08
3. Kuznetsov Yu. V., Mordvin S. S. [Problems of strength assessment of nonrigid road pavement]. *Proektirovanie avtomobil'nykh dorog: sb. nauch. tr. MADI (GTU)* [Road design: collection of scientific works of MADI (STU)]. Moscow, 2007, pp. 59—69.
4. Uglova E. V., Tiraturyan A. N. [Strength assessment of nonrigid road pavement. Experience of application of FWD Primax installation of dynamic loading on M-4 "DON" road sections]. *Dorozhnaya derzhava* [Road power], 2014, no. 57, pp. 55—60.
5. Stolyarov V. V., Zverkova E. E., Fomina A. S. [Reliability assessment of nonrigid road pavement on the basis of laws of distribution of general elasticity modules]. *Dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2014, no. 30, pp. 153 — 174.
6. Uglova E. V., Tiraturyan A. N. [Study of homogeneity and strength of a nonrigid road structure with the use of FWD installation of dynamic loading]. *Dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2015, no. 33, pp. 163—174.
7. Lushnikov P.A. [About elastic parameters assessment of road pavement layers]. *Dorogi i mosty* [Roads and bridges], 2009, no. 21, pp. 101—110.

*For citation:*

Leskin A. I., Katasonov M. V., Stepanov A. A. [Comparison of values of the actual banging motion of flexible road pavement received by the methods of static and dynamic loadings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 235—241.

*About authors:*

**Leskin Andrei Ivanovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, leskien@inbox.ru

**Katasonov Maksim Viktorovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, max.inga@rambler.ru

**Stepanov Aleksandr Aleksandrovich** — Master's Degree Student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 625.72

**И. В. Стефаненко, С. В. Алексиков, А. И. Болдин**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ ИЗ ЩЕБНЯ**

Описаны конструкции и технология строительства дорожных оснований повышенной прочности из щебня.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** автомобильные дороги, щебень, дорожная одежда, основание.

Основания из щебня являются самым распространенным конструктивным слоем дорожной одежды [1]. По сравнению с другими материалами щебень обладает следующими преимуществами:

- 1) значительные запасы в местных месторождениях;
- 2) технологичность щебня в связи с возможностью длительного хранения под открытым небом, транспортировкой и укладкой при отрицательной температуре воздуха в сухую погоду и др.;
- 3) допустимость открытия по готовому основанию автомобильного движения и использования его как временного покрытия (стадийное строительство);
- 4) однородность основания, исключая появление отраженных трещин на уложенном асфальтобетонном покрытии;
- 5) возможность досыпки и доуплотнения материала при обнаружении брака.

Однако на практике не полностью используется возможность щебеночных материалов для повышения прочности дорожной одежды. Зачастую это связано с несовершенством нормативных документов (СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* [Электронный ресурс]; СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85\* [Электронный ресурс]):

- 1) отсутствие дифференцированных требований к интенсивности укатки, виду и расходу расклинивающих материалов в зависимости от сопротивляемости уплотнению щебней разной фракции (крупности), прочности и происхождения;
- 2) ограниченность зерновых составов;
- 3) неопределенность в требованиях по доуплотнению основания путем регулирования движения построечного автотранспорта;
- 4) визуальная проверка качества уплотнения по образующимся под катком следам и волнам и по раздавливанию положенной под валец щебенки;

Рассмотрим некоторые аспекты повышения качества щебеночных оснований, от которых зависит прочность дорожной одежды [1—3]. В соответствии с современными представлениями прочность дорожных одежд зависит от жесткости щебеночного основания (модуля упругости) и горизонтального бокового распора (постоянно действующего сжимающего напряжения, возникающего при уплотнении и поддерживаемого в процессе эксплуатации дороги под действием автомобильного движения).

От модуля упругости щебеночного основания зависят расчетные напряжения, возникающие в нижних слоях дорожной конструкции от транспортной нагрузки. Чем выше модуль, тем меньше напряжение в нижних конструктивных слоях и тем прочнее и долговечнее дорожная одежда. Боковой распор в щебеночном слое повышает его сдвигоустойчивость, придает ему способность воспринимать растягивающие напряжения при изгибе и, как следствие, повышает изгибную жесткость [2].

При нормировании требований к щебню для оснований руководствуются ошибочным предположением: чем прочнее камень, тем выше качество основания. Установлена зависимость модуля упругости ( $E$ ) основания из щебня от его прочности и плотности (рис. 1).

Исследования показывают, что прочность камня влияет на модуль упругости в меньшей степени, чем плотность (остаточная пористость) основания, которая у менее прочного легкоуплотняемого щебня выше. Согласно результатам регрессионного анализа степень влияния остаточной пористости ( $n$ ) на модуль упругости основания в 4 раза больше, чем марки (прочности на раздавливание) камня ( $R$ ):

$$E = K \frac{817R^{0,37}}{n^{1,14}},$$

где  $R$  — марка щебня по прочности (М250—600);  $n$  — остаточная пористость основания из щебня, %;  $K$  — коэффициент, учитывает влияние размера камня на жесткость основания. Для щебня Ф 40—70  $K = 1$ ; для щебня Ф 20—40  $K = 0,77$ , для щебня Ф 70—120  $K = 1,4$ .

Пористость основания из щебня в уплотненном состоянии изменяется от 13 до 16 %, при нормативном уплотнении (согласно ОДН 218.046—2001) — 14 % [2, 3].

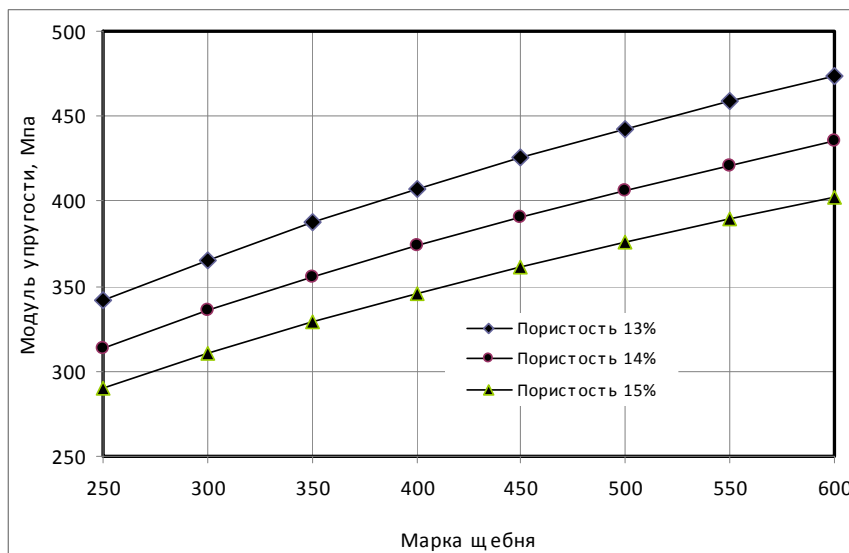


Рис. 1. Зависимость модуля упругости основания из щебня Ф 40—70 от его плотности (пористости) и прочности (марки)

Для управления качеством строительства щебеночного основания производитель работ обязан знать степень влияния каждого из требований к материалам и технологиям на достижение требуемой плотности [4—6]. Зачастую недоуплотнение щебеночного основания вызвано отсутствием у производителей требуемых тяжелых катков. В случае применения более легких катков необходимо повышенное число проходов катка, уточняемого на контрольных участках. Для доуплотнения слоя эффективно регулирование движения построечного автотранспорта по основанию с пропуском не менее 1000 тяжелых автомобилей.

Модуль упругости (жесткость) уплотненного слоя щебня зависит от жесткости контактов его зерен. Общая упругая деформация от внешних нагрузок складывается из упругих деформаций соприкасающихся зерен. У легкоуплотняемого щебня площадь контактов смежных зерен больше и, следовательно, упругие деформации пары зерен меньше, чем у трудноуплотняемого щебня. Это объясняет более высокие модули упругости оснований из легкоуплотняемого щебня. Поэтому при выборе каменных материалов предпочтительней легкоуплотняемый щебень. В Волгоградской области имеются 119 месторождений щебня с запасом 1 051 172 тыс. м<sup>3</sup> пород. Наиболее представителен щебень марки М400—М600 (57,39 %) и марки М200—М400 (42,32 %). Запасы щебня М600—800 и М800—1000 незначительны, составляют соответственно 0,22 % и 0,07 % [3]. Для дорожных оснований эффективнее применение щебня из известняков М600, не исключая и породы М400 и 300 с пластичностью мелких фракций Пл. 1 [2].

Показатели плотности и жесткости основания существенно зависят от крупности зерен. Строительство оснований предпочтительнее из более крупного щебня, которые устраиваются двумя способами: традиционным методом заклинки с увеличенным расходом расклинивающих материалов (30...50 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> поверхности) или укладкой щебня Ф 70—120 мм в нижний слой двухслойного основания с устройством верхнего слоя из менее крупного щебня по традиционной технологии. Для уплотнения применяют тяжелые пневмо- и виброкатки. Экономическая эффективность основания из крупного щебня Ф 70—120 мм проверена на практике для легкоуплотняемых и известняковых пород компанией ВАД [2]. Экономический эффект повышается также за счет меньшей стоимости более крупного щебня.

На несущую способность щебеночного слоя влияет форма зерен: чем меньше лещадных и игольчатых зерен, тем она выше. При этом более эффективна форма зерен не кубовидная, а тетраэдральная. Применение щебня с кубовидно-тетраэдральной формой зерен создает их плотную упаковку, лучшую заклинку с созданием бокового распора и повышенную жесткость. Поэтому использование для дробления камня конусных дробилок эффективно.

При устройстве щебеночного основания на песчаном слое целесообразно над песком устраивать защитный щебеночно-песчаный слой путем вдавливания в подстилающий песок крупного щебня с его расходом 100 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> поверхности. Защитные слои можно устраивать путем укрепления верхней части подстилающего песка цементом из расчета 3...5 %.

В настоящее время для защиты смежных песчаных и щебеночных слоев от взаимопроникновения материалов применяют укладку синтетических



материалов (СМ) типа «Дорнит». Исследования [2] показали, что это делать не целесообразно по следующим причинам:

1) заполнение пустот однофракционного щебня мелкозернистыми материалами снижает его пористость более чем в 2 раза и повышает модуль упругости не менее чем в 3 раза. Наличие прослойки из СМ исключает заполнение пустот в нижней зоне щебеночного слоя;

2) жесткая прослойка из СМ демпфируя уплотняющие нагрузки от катка снижает эффект доуплотнения песка под щебнем на 0,01...0,02 коэффициента уплотнения;

3) жесткая прослойка из СМ с невысоким модулем упругости снижает жесткость дорожной конструкции. Общий модуль упругости конструкции снижается на 10...15 %.

Защитные технологические прослойки эффективнее, так как предотвращают чрезмерное взаимопроникание зернистых материалов (проникание отдельных щебенков в рыхлый песчаный слой до 15...20 см и выжимание мелкого песка на поверхность рыхлого щебеночного слоя при виброукатки). Частичное взаимопроникание песка и щебня создает единый щебеночно-песчаный слой с модулем упругости, плавно уменьшающимся по глубине, что способствует повышению несущей способности дорожной одежды.

Эффективным решением является замена песчаного слоя на отсеvy дробления щебня толщиной 8...10 см. В качестве дренирующей прослойки используется СМ, уложенный между подстилающим грунтом и отсевами щебня [1, 3]. При этом существенно повышается эквивалентный модуль упругости основания, его общая толщина определяется сдвиговыми свойствами грунта полотна и снижается в 1,8—2 раза (рис. 2).

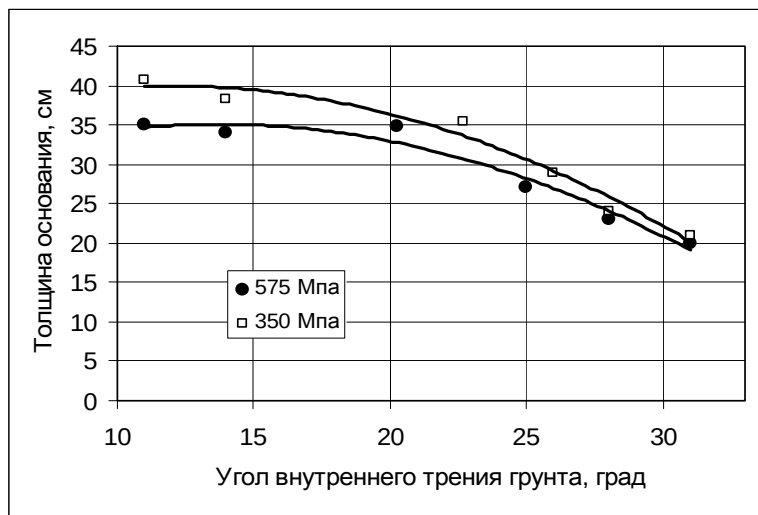


Рис. 2. Изменение толщины основания из щебня фр. 40—70 (модуль упругости 575 и 350 МПа) на прослойке из отсевов фр. 0—20 толщиной 8 см

У щебеночных слоев рост плотности продолжается и после достижения нормативных показателей, что объясняется дроблением перенапряженных зерен с последующей их переупаковкой и заклинкой. После укладки асфаль-

тобетонных слоев доуплотнение щебня прекращается. Существенное повышения плотности можно достичь при стадийном строительстве. В условиях засушливого климата за 1,5—2 года эксплуатации щебеночного слоя в качестве покрытия его остаточная пористость снижается в 1,5—2 раза, что приводит к увеличению модуля упругости в 2—2,5 раза. При этом повышается долговечность покрытия, уложенного по такому слою на второй стадии строительства.

Модуль упругости щебеночного слоя повышается при увеличении числа проходов катка сверх нормативного. Экономический эффект от повышения прочности и долговечности дорожной одежды значительно превышает дополнительные затраты на укатку.

Контроль качества по показателю остаточной пористости щебеночного слоя трудоемок, не позволяет судить о качестве нижележащих слоев и земляного полотна. Эффективнее оценивать качество основания, включая нижележащие слои, по ее общему (эквивалентному) модулю упругости, устанавливаемому по нагружению колесом автомобиля или переносной динамической установкой ПДУ-МГ4 (рис. 3). Такая практика показала свою эффективность [4].

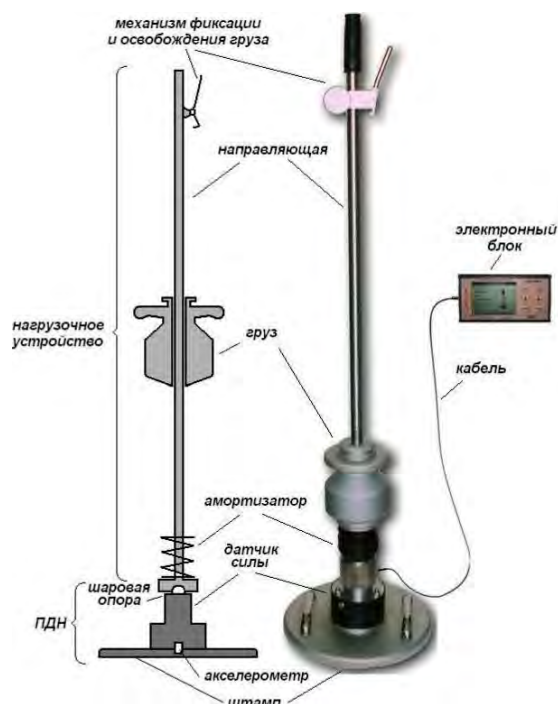


Рис. 3. Установка динамического нагружения ПДУ-МГ4

Измеренный общий модуль упругости дорожного основания должен быть не менее проектного. Если это условие не выполняется, то перед укладкой асфальтобетонных слоев требуется повысить жесткость основания доуплотнением, увеличением ее толщины или укладкой дополнительных слоев и др. Если наблюдается значительное превышение проектного модуля упругости, то допустимо уменьшение толщины вышеукладываемых асфальтобетонных слоев, обоснованной расчетом по ОДН 218.046—01.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков С. В., Болдин А. И. Конструкции дорожных одежд приоборудованных парковок // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2016. Том 3. № 3. URL: <http://t-s.today>
2. Салль А. О. Возможности и пути повышения качества щебеночных оснований. URL: <http://library.stroit.ru/articles/sheben/index.html>
3. Алексиков С. В., Симончук Д. Н. Повышение качества строительства дорожного полотна в засушливых районах юга РФ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 42(61). С. 154—162.
4. Костельов М. П., Никольский Ю. Е., Райский Ю. Э. Методы и средства контроля качества уплотнения дорожного земляного полотна, щебеночного основания и асфальтобетонного покрытия. URL: <http://library.stroit.ru/articles/control/index.html>
5. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. М.: Союздорнии, 1999. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/9/9350/>
6. Методические рекомендации по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород. М.: Союздорнии, 1980. URL: <http://www.гост-снп-рд.рф/Data1/45/45253/index.htm>

© Стефаненко И. В., Алексиков С. В., Болдин А. И., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Стефаненко И. В., Алексиков С. В., Болдин А. И. Повышение прочности дорожных оснований из щебня // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 242—248.

Об авторах:

**Стефаненко Игорь Владимирович** — д-р техн. наук, профессор, первый проректор — директор института архитектуры и строительства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

**Алексиков Сергей Васильевич** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Болдин Александр Игоревич** — аспирант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)

**I. V. Stefanenko, S. V. Aleksikov, A. I. Boldin**

#### INCREASE IN STRENGTH OF THE ROAD BASES MADE OF CRUSHED STONE

Structures and construction technology of road bases of the increased strength made of crushed stone are described in the article.

**Key words:** roads, crushed stone, road pavement, basis.

#### REFERENCES

1. Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Construction of pavements for parkings close to curbs]. [Russian journal of transport engineering], 2016, 3(3). URL: <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf>
2. Sall' A. O. *Vozmozhnosti i puti povysheniya kachestva shchebenochnykh osnovanii* [Opportunities and ways of quality increase of crushed-stone bases]. URL: <http://library.stroit.ru/articles/sheben/index.html>
3. Aleksikov S. V., Simonchuk D. N. [Increase of quality of construction of a roadway in arid regions in the south of the Russian Federation]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State Univer-

sity of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 42(61), pp. 154—162.

4. Kostel'ov M. P., Nikol'skii Yu. E., Raiskii Yu. E. *Metody i sredstva kontrolya kachestva uplotneniya dorozhnogo zemlyanogo polotna, shchebenochnogo osnovaniya i asfal'tobetonного pokrytiya* [Methods and quality control means of consolidation of a road bed, crushed-stone base and asphalt-concrete pavement]. URL: <http://library.stroit.ru/articles/control/index.html>

5. *Rukovodstvo po stroitel'stvu osnovanii i pokrytii avtomobil'nykh dorog iz shchebenochnykh i graviinykh materialov* [Guidance on construction of road bases and pavements made of crushed stone and gravel materials]. Moscow, Soyuzdornii Publ., 1999. URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/9/9350/>

6. *Metodicheskie rekomendatsii po povysheniyu kachestva dorozhnykh osnovanii iz shchebnya razlichnykh porod* [Methodological recommendations on quality increase of road bases made of crushed stone of different rocks]. Moscow, Soyuzdornii Publ., 1980. URL: <http://www.гост-снп-рд.рф/Data1/45/45253/index.htm>

*For citation:*

Stefanenko I. V., Aleksikov S. V., Boldin A. I. [Increase in strength of the road bases made of crushed stone]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 242—248.

*About authors:*

**Stefanenko Igor' Vladimirovich** — Doctor of Engineering Science, Professor, First Vice-Principal — Director of Institute of Architecture and Civil Engineering, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

**Aleksikov Sergei Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AL34rus@mail.ru](mailto:AL34rus@mail.ru)

**Boldin Aleksandr Igorevich** — Postgraduate student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [skip-1313@mail.ru](mailto:skip-1313@mail.ru)

УДК 628.16

**Е. В. Москвичева, Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева,  
К. В. Катеринин, В. П. Батманов, Ю. Б. Белоусова**

**Волгоградский государственный технический университет**

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД

Рассмотрена проблема очистки промывных вод станций обезжелезивания. Установлено, что на рассматриваемой станции обезжелезивания для исходной подземной воды и промывных вод, соответственно, характерно содержание железа не только в свободном ионном виде, но и в составе комплексных соединений. Для очистки обозначенных промывных вод предложено использовать метод сорбционного фильтрования. Доказана целесообразность применения в качестве сорбционного материала — опоки Каменоярского месторождения Астраханской области. Представлены результаты исследований по изучению сорбционных свойств опоки относительно железа в статических и динамических условиях.

**Ключевые слова:** подземные воды, станции обезжелезивания, технологическая схема очистки, промывные воды, соединения железа, обезвреживание промывных вод, загрязнение окружающей среды.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения г. Урюпинска Волгоградской области используется вода подземных источников. В подземной воде наблюдается повышенное содержание железа (до 4 мг/л), а также других соединений, которые ухудшают ее показатели и свойства (табл. 1) [1]. Согласно СанПиН 2.1.4.1074—01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» содержание железа в питьевой воде не более 0,3 мг/л.

Таблица 1

*Химический состав исходной подземной воды из скважины № 6,  
г. Урюпинск Волгоградская область*

| Показатели                                                       | Ед. изм. | I кв. | II кв. | III кв. | IV кв. |
|------------------------------------------------------------------|----------|-------|--------|---------|--------|
| 1                                                                | 2        | 3     | 4      | 5       | 6      |
| Запах                                                            | балл     | 1     | 1      | 2       | 2      |
| Привкус                                                          | балл     | 2     | 1      | 1       | 2      |
| Цветность                                                        | градус   | 10    | 10     | 15      | 4      |
| Мутность                                                         | мг/л     | 1,2   | 1,2    | 1,5     | 1,1    |
| Аммиак и ионы аммония                                            | мг/л     | 1     | 0,6    | 1       | 0,7    |
| Нитриты                                                          | мг/л     | 0,008 | 0,005  | 0,015   | 0,006  |
| Нитраты                                                          | мг/л     | 0,5   | 0,5    | 0,6     | 0,5    |
| Железо общее (свободное ионное)                                  | мг/л     | 3,6   | 1,8    | 2,2     | 2      |
| Железо в составе комплексных соединений (в связанно-ионном виде) | мг/л     | 1,44  | 0,72   | 0,88    | 0,8    |
| Хлориды                                                          | мг/л     | 52    | 35     | 55      | 47     |
| Сульфаты                                                         | мг/л     | 69    | 91     | 103     | 91     |
| Водородный показатель                                            | ед. pH   | 7     | 7      | 7       | 8      |
| Общая минерализация                                              | мг/л     | 490   | 442    | 496     | 490    |
| Жесткость                                                        | °ж       | 5,9   | 5,3    | 6,4     | 6,3    |
| Окисляемость перманганатная                                      | мг/л     | 1,2   | 0,8    | 1,1     | 1,1    |

Согласно данным табл. 1 в рассматриваемых подземных водах железо присутствует не только в ионном виде, но и в составе комплексных соединений. Комплексные соединения, в свою очередь, представлены двумя основными группами:

1) соединения, в состав которых входят молекулы воды и анионы группы  $\text{OH}^-$ , («внутрикомплексные соединения» или хелатные комплексы). Хелатные комплексы железа отличаются повышенной устойчивостью и входят в состав биологически активных соединений [2, 3];

2) металлоорганические, точнее, элементоорганические соединения. В молекулах этих соединений ионы железа (II), (III), соединены с углеводородными группами гуминовых соединений [4—7].

В настоящее время очистка подземной воды в г. Урюпинске осуществляется фильтрованием через песчаную загрузку с предварительным озонированием. При регенерации фильтров образуются промывные воды (2...10 % от объема обрабатываемой воды), содержащие соединения железа до 170...210 мг/л.

Таблица 2

*Химический состав промывных вод станции обезжелезивания,  
г. Урюпинск Волгоградская область*

| Показатели                                                       | Единицы измерения  | До очистки |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| 1                                                                | 2                  | 3          |
| Железо общее (свободное ионное)                                  | мг/л               | 170...210  |
| Железо в составе комплексных соединений (в связанно-ионном виде) | мг/л               | 68...84    |
| Цветность                                                        | град.              | 135...140  |
| Окисляемость перманганатная                                      | мг/л* $\text{O}_2$ | 1,2...2,0  |
| Взвешенные вещества                                              | мг/л               | 4...6      |
| Жесткость карбонатная                                            | мг-экв/л           | 5,9...6,7  |
| Хлориды                                                          | мг/л               | 55...60    |
| Сульфаты                                                         | мг/л               | 105...110  |
| pH                                                               | ед. pH             | 7,0...8,0  |

Сегодня промывные воды станции обезжелезивания г. Урюпинска сбрасываются в городскую канализационную сеть и далее поступают на канализационные очистные сооружения. Это приводит к тому, что действующие городские очистные сооружения водоотведения г. Урюпинска не обеспечивают достижение нормативов допустимого сброса очищенных сточных вод в р. Хопер по железу.

Таким образом, для повышения эффективности работы канализационных очистных сооружений, а также реализации повторного использования промывных вод станции обезжелезивания необходимо принять меры по разработке технологии очистки промывных вод.

Анализ информации, приведенной в литературе, и современного положения дел на станциях обезжелезивания свидетельствует об актуальности и целесообразности создания высокоэффективных технологий обработки промывных вод. Это позволит сократить расходы воды на собственные нужды станции, снизить себестоимость водоподготовки, предотвратить негативное воздействие на окружающую среду, уменьшить забор подземных вод.

Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых показали перспективность применения сорбционного метода для очистки воды от многих загрязнителей. Кроме того, на сегодняшний день существует значительное количество сорбентов отечественного и зарубежного производства, позволяющих применять сорбционную технологию для очистки воды от ионов железа. Однако применение того или иного материала должно быть обосновано технико-экономическим расчетом и, главное, особенностью и уникальностью химических свойств железа и его соединений в рассматриваемых водных средах.

Как в отечественной, так и в зарубежной практике большое распространение для очистки природных и сточных вод получили искусственные сорбенты и, прежде всего, активные угли. Их изготавливают из древесины, торфа, каменного угля, лигнина путем обугливания в нейтральной среде при температуре 600...900 °С, что приводит к образованию микропористой структуры [8]. Использование активных углей в качестве сорбентов часто является невыгодным из-за их повышенной микропористости, малого удельного веса, высокой стоимости, низкой механической прочности гранул и необходимости восстановления сорбционной емкости. Поэтому в последние годы получили распространение сорбенты из природных минералов [9, 10]. Они различаются видом исходного сырья, а следовательно, и свойствами.

Отличительной особенностью минеральных материалов является нерегулярная структура, а также возможность повышения сорбционной активности в области малых концентраций загрязнений вод. Преимуществом этих сорбентов является доступность сырья, недостатками — дорогой способ приготовления и необходимость гигиенической оценки полученных материалов.

При всем разнообразии существующих материалов, на сегодняшний день отсутствуют эффективные и дешевые сорбенты, способные обеспечить не только высокую степень извлечения ионов железа, в том числе, железа в комплексах с гуминовыми веществами, но и позволяющие использовать отработанный сорбент в качестве вторичного сырья.

Сырьем для получения предлагаемого сорбента служит минерал, месторождение которого расположено возле села Каменный Яр на севере Астраханской области.

Общее его количество — около 200 млн тонн, на поверхности находится часть месторождения, содержащая около 70 млн тонн материала [11].

Исследуемый минерал имеет следующий основной состав:  $\text{SiO}_2$  — 75...80 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 18...22 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 0,5...1 %,  $\text{H}_2\text{O}$  — 0,2...0,5 %,  $\text{CaSO}_4$  — 0,3...0,5 %,  $\text{CaCO}_3$  — 0,12...0,8 %. Он обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам железа, что может обеспечить высокую степень очистки промывных вод станции обезжелезивания [12].

Перед проведением лабораторных исследований природный минерал дробят и рассеивают на ситах. Отделяют фракции от 1 до 10 мм, промывают их горячей дистиллированной водой ( $T = 85...90$  °С) и высушивают при температуре 100...105 °С до остаточной влажности на уровне 2 %.

Процесс сорбционной очистки определяется множеством технологических параметров и в первую очередь свойствами сорбционного материала и очищаемой воды, гидродинамическими режимами процесса и температурой [3]. Очень часто более эффективным может оказаться применение менее дол-

говечной загрузки, но обеспечивающей большую производительность. Кроме этого, материалы, применяемые в качестве загрузок водоочистных фильтров, должны иметь необходимую гранулометрическую структуру, химическую стойкость и высокую фильтрующую способность [14, 15].

Модельные растворы готовили путем перемешивания навески  $\text{FeCl}_3$  и железоаммонийной соли лимонной кислоты в дистиллированной воде. Концентрация железа в них составляла 150,0; 160,0; 170,0; 180,0 и 200,0 мг/л. Концентрацию железа в модельных растворах определяли перед экспериментом фотометрическим методом. Учитывая, что эффективность сорбционной очистки от железа максимальна при  $\text{pH} = 7,6 \dots 8,5$ ,  $\text{pH}$  модельных вод поддерживали в указанном диапазоне.

Для подтверждения возможности и эффективности извлечения ионов железа опоклой были проведены исследования в статических и динамических условиях. В статических условиях изучалась кинетика сорбции и получена изотерма сорбции. В динамических условиях определена динамическая объемная емкость опоки и выявлены оптимальные условия процесса сорбционной извлечения железа в указанных условиях.

**Статические условия.** Величина сорбции (статическая обменная емкость) опоки определялась по формуле (1):

$$A = (C_0 - C_{\text{равн}})V/m, \quad (1)$$

где  $C_0$  — концентрация элемента в исходном растворе, мг/л;  $C_{\text{равн}}$  — равновесная концентрация извлекаемого элемента в растворе, мг/л;  $V$  — объем исследуемого раствора, л;  $m$  — масса сухого сорбента, г.

Равновесная концентрация железа определялась по истечении времени, необходимого для достижения равновесия и отделения сорбента от модельного раствора.

В ходе исследования в статических условиях были проведены эксперименты по определению сорбционной емкости опоки по железу при высоких исходных концентрациях, характерных для промывных вод.

Кинетика сорбции железа из модельных растворов также изучалась при контакте модельных растворов с навесками опоки (5...10 г) при постоянном перемешивании в течение 60 минут при помощи магнитной мешалки. Далее, после фильтрования через бумажный фильтр, в модельном растворе измерялась равновесная концентрация железа. Полученные данные позволили определить величину сорбционной емкости опоки по железу и построить изотерму сорбции. Время контакта 60 мин. выявлено при изучении динамики изменения концентрации железа в пробе при сорбции опоклой при различном времени контакта. Установлено, что сорбционное равновесие наступает через 45—50 минут контакта модельного раствора с сорбентом (рис. 1).

Результаты, полученные при проведении исследований по изучению сорбционных характеристик опоки относительно железа, представлены на рис. 2 и 3.

Изотерма сорбции железа опоклой представлена на рис. 2. Данные графика говорят о том, что применение опоки целесообразно для сорбционного извлечения железа до норматива допустимых концентраций. Сорбционная емкость для железа составляет 2,1 мг/г при равновесных концентрациях, равных соответствующих допустимым.



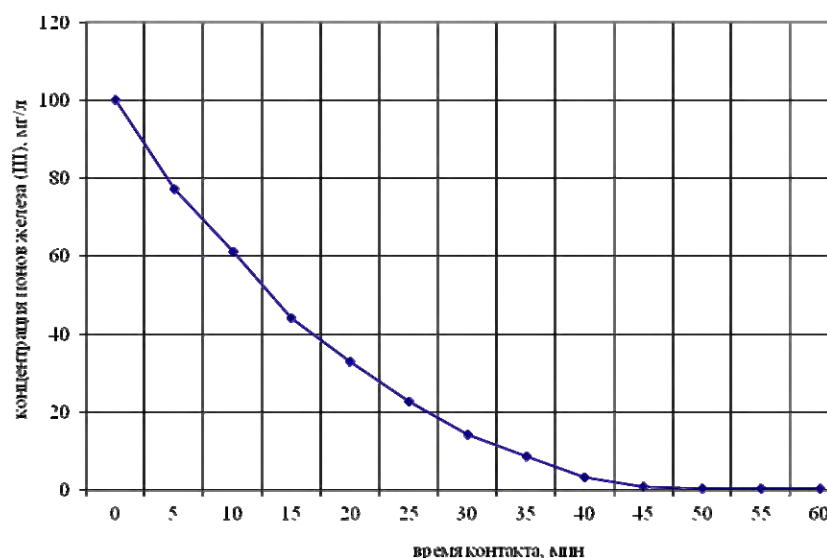


Рис. 1. Зависимость остаточной концентрации железа в модельных растворах после контакта с опокой от времени контакта

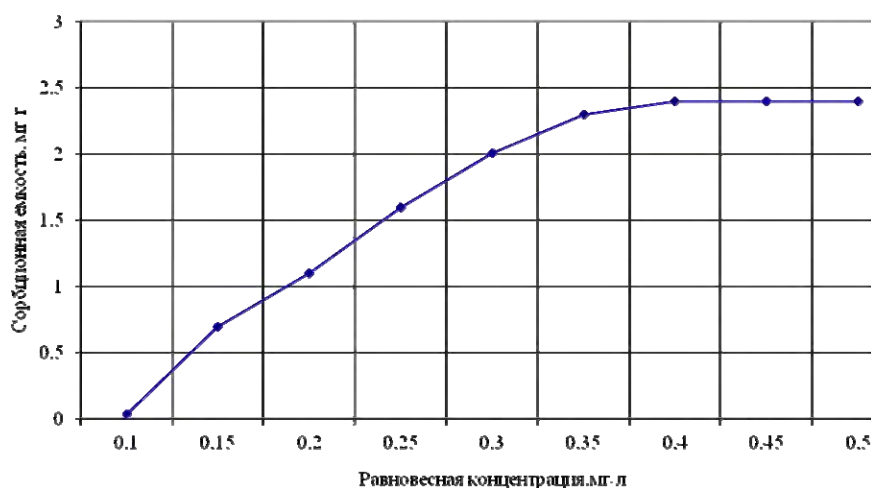


Рис. 2. Изотерма сорбции железа опокой

Кроме того, изотерма сорбции железа опокой имеет восходящий характер, т. е., с повышением равновесной концентрации железа в растворе сорбционная емкость увеличивается.

В ходе лабораторных исследований также изучалось влияние размера частиц сорбционного материала на эффективность очистки, так как его уменьшение приводит к увеличению площади контакта сорбента с очищаемой водой и, как следствие, значительному повышению вероятности адсорбции загрязняющих веществ из раствора. Известно, что чрезмерное увеличение удельной поверхности сорбента путем сверхтонкого измельчения приводит к нарушению его структуры и вследствие этого — к изменению в ту или

иную сторону сорбционных свойств. Поэтому при использовании сорбентов необходимо определить оптимальную дисперсность частиц.

Изотерма сорбции железа частицами сорбционного материала различной крупности (от 1 до 10 мм) из модельных растворов железа с концентрацией 150...200 мг/л, представленная на рис. 3, показывает, как влияет удельная поверхность сорбента на сорбционную емкость.

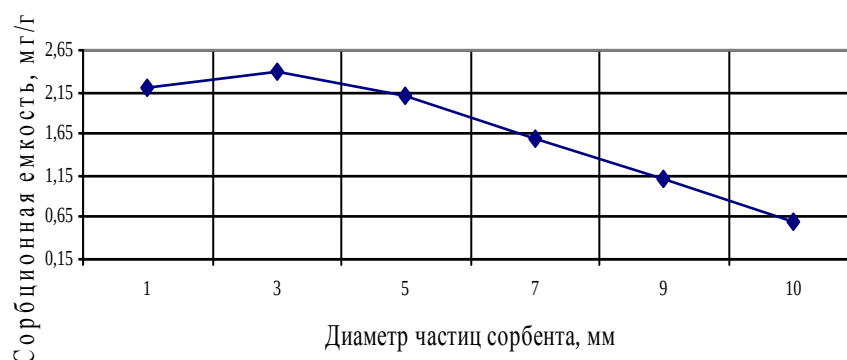


Рис. 3. Зависимость сорбционной емкости от размера частиц исследуемого материала: исходная концентрация железа 200 мг/л

Полученные данные свидетельствуют, что при увеличении значений удельной поверхности сорбента его сорбционные свойства возрастают до определенного момента, а затем снижаются. Существует определенная (оптимальная) крупность рассматриваемого материала, при которой сорбционная емкость достигает своего максимума. Использование сорбента с более высокой степенью измельчения не приводит к значительному улучшению сорбционных характеристик, а только резко увеличивает стоимость подготовки сорбента.

Изучение сорбционных характеристик опоки в статических условиях свидетельствует о том, что этот материал эффективно извлекает ионы железа, в том числе в составе комплексных соединений, из водных растворов. При определенных дозах сорбента его применение обеспечивает удаление этого металла (до нормативов допустимых концентраций) при высоких исходных значениях.

**Динамические условия.** При изучении сорбционных свойств опоки относительно железа была определена ее динамическая емкость и получены оптимальные условия процесса сорбционного извлечения железа в динамических условиях.

Эксперименты по определению этих параметров и условий проведения процессов глубокой очистки промывных вод станции обезжелезивания г. Урюпинска от ионов железа проводились в динамических условиях фильтрованием модельных растворов через колонку с сорбентом [16—19]. Общий объем пропущенного модельного раствора составил 120 л, масса загрузки фильтра — 530 г.

Испытания минерала различных фракций проводились на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 4. Испытуемый сорбент помещался в стеклянный адсорбер 3. Между напорным сосудом 1 и адсорбером 3 был установлен моностаг — открытый сверху цилиндр 2 из стекла для за-

мера гидравлического сопротивления сорбента, контроля и установления расхода воды.

Загрузку адсорбера производили сверху. Разборку адсорбера и удаление слоя адсорбента выполняли в обратном порядке.

Для проведения экспериментов по извлечению железа использованы такие же модельные растворы, что и в статических условиях: скорость фильтрования — 0,5...0,58 м/ч; расход модельных растворов — 4,0...4,4 л/сут.; время контакта примерно 5 ч. Отбор проб фильтрата осуществлялся 1-2 раза в сутки. В исходном растворе концентрация железа составляла в среднем 150...180 мг/л.

В табл. 3 приведены результаты экспериментов по изучению сорбционной емкости опоки в динамических условиях по отношению к ионам железа.

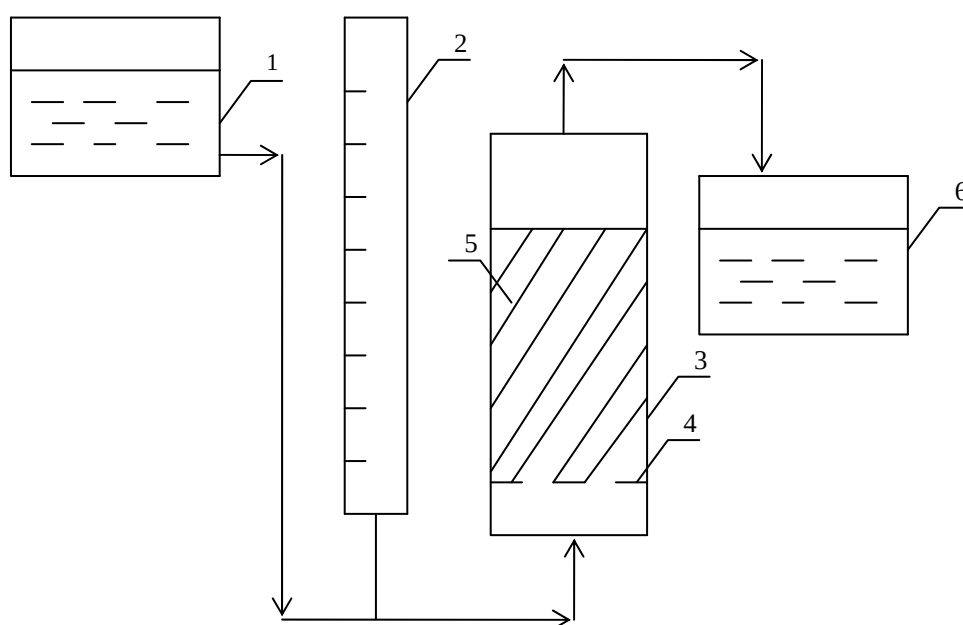


Рис. 4. Схема лабораторной установки: 1 — приемный резервуар; 2 — индикатор давления; 3 — адсорбер; 4 — поддерживающая сетка; 5 — слой сорбента – опоки; 6 — приемный резервуар для очищенной воды

Т а б л и ц а 3

*Результаты экспериментальных исследований сорбционных характеристик опоки в динамических условиях*

| № п/п | Объем воды, л/с | Исходная концентрация железа (III), мг/л | Остаточная концентрация железа (III), мг/л | Эффект очистки, % | Сорбционная емкость, мг/г |
|-------|-----------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1     | 2               | 3                                        | 4                                          | 5                 | 6                         |
| 1     | 4,5             | 150                                      | 0,31                                       | 99,8              | 0,5                       |
| 2     | 9,0             | 150                                      | 0,31                                       | 99,8              | 0,56                      |
| 3     | 13,5            | 150                                      | 0,31                                       | 99,8              | 0,64                      |
| 4     | 18,0            | 150                                      | 0,31                                       | 99,8              | 0,69                      |
| 5     | 22,5            | 150                                      | 0,31                                       | 99,8              | 0,75                      |
| 6     | 27,0            | 180                                      | 0,51                                       | 99,4              | 0,79                      |

Окончание табл. 3

| №<br>п/п | Объем<br>воды,<br>л/с | Исходная концен-<br>трация железа (III),<br>мг/л | Остаточная кон-<br>центрация железа<br>(III), мг/л | Эффект<br>очистки, % | Сорбционная<br>емкость, мг/г |
|----------|-----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|------------------------------|
| 7        | 31,5                  | 180                                              | 0,52                                               | 99,4                 | 0,88                         |
| 8        | 35,0                  | 160                                              | 0,32                                               | 99,6                 | 1,02                         |
| 9        | 39,5                  | 160                                              | 0,34                                               | 99,6                 | 1,09                         |
| 10       | 44,0                  | 180                                              | 0,54                                               | 99,4                 | 1,10                         |
| 11       | 48,5                  | 180                                              | 0,52                                               | 99,4                 | 1,15                         |
| 12       | 53,0                  | 150                                              | 0,30                                               | 99,8                 | 1,25                         |
| 13       | 58,5                  | 150                                              | 0,31                                               | 99,8                 | 1,29                         |
| 14       | 63,0                  | 150                                              | 0,31                                               | 99,8                 | 1,36                         |
| 15       | 67,5                  | 170                                              | 0,43                                               | 99,7                 | 1,40                         |
| 16       | 72,0                  | 170                                              | 0,42                                               | 99,7                 | 1,49                         |
| 17       | 77,5                  | 170                                              | 0,42                                               | 99,7                 | 1,54                         |
| 18       | 82,0                  | 160                                              | 0,39                                               | 99,7                 | 1,54                         |
| 19       | 86,5                  | 160                                              | 0,41                                               | 99,6                 | 1,78                         |
| 20       | 91,0                  | 160                                              | 0,41                                               | 99,6                 | 1,85                         |
| 21       | 95,5                  | 160                                              | 0,42                                               | 99,6                 | 2,10                         |
| 22       | 100,0                 | 150                                              | 0,33                                               | 99,8                 | 2,20                         |
| 23       | 104,5                 | 150                                              | 0,31                                               | 99,8                 | 2,30                         |
| 24       | 109,0                 | 170                                              | 0,44                                               | 99,7                 | 2,30                         |
| 25       | 113,5                 | 170                                              | 0,42                                               | 99,7                 | 2,30                         |
| 26       | 118,0                 | 170                                              | 0,43                                               | 99,7                 | 2,35                         |
| 27       | 122,0                 | 180                                              | 0,49                                               | 99,8                 | 2,40                         |

Результаты исследований, представленные в табл. 4, говорят о высокой эффективности очистки модельных растворов от железа (до 99,8 %). При этом концентрация железа в фильтрате составляла 0,3 мг/л.

На рис. 5 представлена изотерма сорбции ионов железа опокой в динамических условиях.

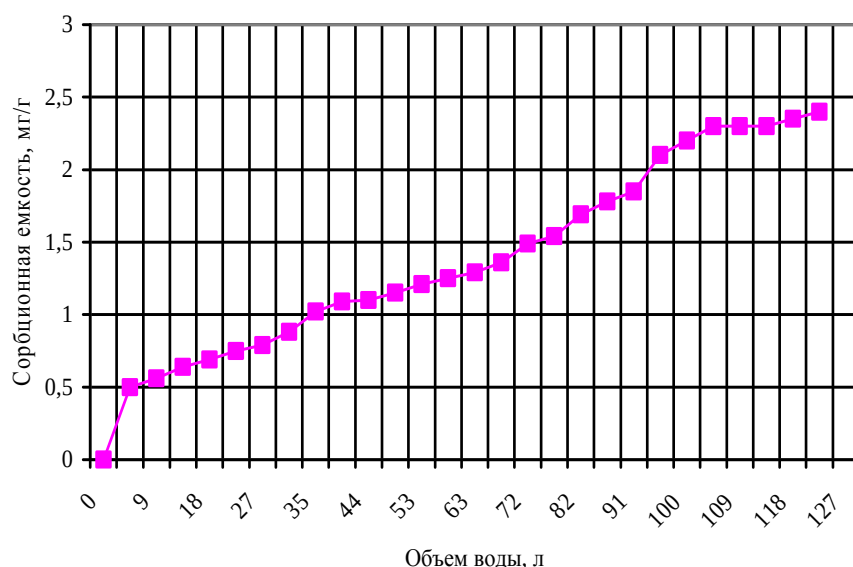


Рис. 5. Зависимость динамической сорбционной емкости опоки от объема пропущенного модельного раствора

Из рис. 5 видно, что опока обладает высокой сорбционной способностью по отношению к железу.

Таким образом, по результатам проведенных исследований сделаны следующие **выводы**:

1. Обзор отечественных и зарубежных литературных источников, касающихся вопроса обезжелезивания природных вод, позволил предложить использование сорбционной очистки для решения поставленной задачи. В качестве сорбента предложено использовать природный минерал — опока, так как ее сорбционная емкость по железу имеет высокое значение.

2. Выявлено, что применение опоки для сорбционной очистки высококонцентрированных водных сред в статических условиях позволяет снижать содержание железа до допустимых значений (0,3 мг/л). Статическая сорбционная емкость опоки при равновесных концентрациях, равных ПДК, для железа составляет 2,4 мг/г. Также установлено, что на сорбционную емкость опоки влияет размер частиц сорбента. Определен оптимальный размер частиц опоки, который находится в интервале 1...3 мм.

3. Доказана возможность использования опоки для сорбционной очистки в динамических условиях — концентрация железа в фильтрате соответствовала допустимому значению (0,3 мг/л). Динамическая сорбционная емкость опоки при остаточных концентрациях, равных ПДК, для железа составляет 2,3 мг/г. Кроме того, данные исследований показывают, что сорбционная емкость опоки зависит от расхода очищаемой воды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журба М. Г., Соколов М. А., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения: учебное пособие. М.: АСВ, 2010.
2. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Москва: Химия, 1976. Т. 1. 460 с.
3. Кукушкин Ю. Н. Химия координационных соединений: учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1985. 457 с.
4. Пацевский Б. И., Логинова О. Н. О принципах образования комплексных соединений // Проблемы современной бионеорганической химии. Новосибирск: Наука, 1986. С. 4—10.
5. Унифицированные методы анализа воды / под ред. Лурье Ю.Ю. М.: Химия, 1973. 376 с.
6. Аналитическая химия. Химические методы анализа / под ред. О.М. Петрухина. М.: Химия, 1992. 400 с.
7. Пискарева С. К., Барашков М. К., Ольшанова К. М. Аналитическая химия: учебник для сред. спец. учеб. заведений. М.: Высш. шк., 1994. 384 с.
8. Медяник В. С. Получение и применение углеродных сорбентов из ископаемых углей Кузнецкого бассейна: автореф. дис... канд. техн. наук. Кемерово, 2000. 30 с.
9. Crist Ray H., Martin J. R. Use of a novel formulation of kraft lignin for toxic metal removal from process waters // Separ. Sci. and Technol. 2004. Vol. 39. № 7. Pp. 1535—1545.
10. Palma G., Freer J., Baeza J. Removal of metal ions by modified *Pinus radiata* bark and tannins from water solutions // Water Res. 2003. Vol. 37. № 20. Pp. 4974—4980.
11. Опоки Астраханской области / Н. Н. Алыков, Т. В. Алыкова, Н. М. Алыков [и др.] ; под ред. Н. М. Алыкова. Астрахань: Астраханский университет, 2005. 138 с.
12. Вялкова Е. И. Исследование природных минералов и отходов производства Тюменской области и Уральского региона с целью очистки воды и грунтов: дис... канд. техн. наук. Тюмень, 1999. 180 с.
13. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев: Наукова думка, 1981. 206 с.
14. Дистанов У. Г., Конохова Т. П. Минеральное сырье. Сорбенты природные: справочник. М.: Геоинформмарк, 1999. 42 с.
15. Алексеев Л. С. Контроль качества воды: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2004. 154 с.

16. Проблема повышения содержания железа в воде и его действие на организм человека / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. К. Черкесов, Д. К. Хатулев, Т. А. Кузьмина // Молодежь, наука, инновации: III Всерос. науч.-практич. конф., 24—26 октября 2014 г. Грозный, 2014. Т. 1. С. 219—221.

17. Исследование процесса седиментации взвеси промывных вод водопроводных станций / Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, Т. А. Кузьмина, П. А. Сидякин, Т. М. Укладова, З. К. Ибрагимов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2014. № 1 (7). С. 75—79.

18. Обезвреживание железосодержащих промывных вод / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. К. Черкесов, З. К. Ибрагимов // Современная наука и инновации. 2015. Вып. 2. С. 108—113.

19. Очистка промывных вод станции обезжелезивания / Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева, М. В. Рыльцева, Д. В. Шишкина // Технология очистки воды «Техновод-2016»: Материалы IX Международной науч.-практич. конф. 5—7 октября 2016 года. Ростов н/Д. С. 153—157.

© Москвичева Е. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Москвичева А. В., Катеринин К. В.,  
Батманов В. П., Белоусова Ю. Б., 2017

*Поступила в редакцию  
в марте 2016 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Использование природного минерала для очистки промывных вод / Е. В. Москвичева, Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева, К. В. Катеринин, В. П. Батманов, Ю. Б. Белоусова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 249—260.

*Об авторах:*

**Москвичева Елена Викторовна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Доскина Эльвира Павловна** — канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Сахарова Анастасия Андреевна** — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Москвичева Анастасия Владимировна** — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Катеринин Константин Викторович** — канд. техн. наук, доцент кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [katerinin@yandex.ru](mailto:katerinin@yandex.ru)

**Батманов Виктор Павлович** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [vbatmanov@mail.ru](mailto:vbatmanov@mail.ru)

**Белоусова Юлия Борисовна** — аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**E. V. Moskvicheva, E. P. Doskina, A. A. Sakharova, A. V. Moskvicheva, K. V. Katerinin,  
V. P. Batmanov, Yu. B. Belousova**

## THE USE OF NATURAL MINERAL FOR WASH WATER PURIFICATION

This article considers the problem of purification of wash water of iron removal stations. It is found that the considered iron removal station for the source underground and wash water, respectively, is characterized by the iron content not only in free ionic form but also in complex compounds.

To purify the designated wash water it is proposed to use sorption filtration method. The expediency of the use of molding flask of Kamennyarskii field in Astrakhan Oblast as sorption material is proven. The results of the investigations on the study of molding flask sorption properties towards iron in static and dynamic conditions are provided.

**Key words:** groundwater, iron removal station, technological scheme of purification, wash water, iron compounds, wash water neutralization, environmental pollution.

#### REFERENCES

1. Zhurba M. G., Sokolov M. A., Govorova Zh. M. *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenii: v 3 t. T. 1. Sistemy vodosnabzheniya. Vodozabornye sooruzheniya* [Water supply. The design of systems and structures. In 3 vol. Vol. 1. Water supply systems. Water intakes]. Moscow, ASV Publ., 2010.
2. Kreshkov A. P. *Osnovy analiticheskoi khimii* [Principles of analytical chemistry]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. Vol. 1. 460 p.
3. Kukushkin Yu. N. *Khimiya koordinatsionnykh soedinenii: uchebnoe posobie dlya studentov khimicheskikh i khimiko-tekhnologicheskikh spetsial'nostei vuzov* [Coordination compound chemistry. Tutorial for students of chemical and chemical-engineering specialties of institutions of higher education]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1985. 457 p.
4. Pashchevskii B. I., Loginova O. N. [Towards the principles of formation of complex compounds]. *Problemy sovremennoi bioneorganicheskoi khimii* [Problems of modern bioinorganic chemistry]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. Pp. 4—10.
5. Lur'e Yu. Yu. (ed.). *Unifitsirovannye metody analiza vody* [The unified methods of water analysis]. Moscow, Khimiya Publ., 1973. 376 p.
6. Petrukhin O. M. (ed.). *Analiticheskaya khimiya. Khimicheskie metody analiza* [Analytical chemistry. Chemical analysis methods]. Moscow, Khimiya Publ., 1992. 400 p.
7. Piskareva S. K., Barashkov M. K., Ol'shanova K. M. *Analiticheskaya khimiya* [Analytical chemistry]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1994. 384 p.
8. Medyanik B. C. *Poluchenie i primeneniye uglerodnykh sorbentov iz iskopaemykh uglei Kuznetskogo basseina* [Preparation and appliance of carbon sorbents from fossil coals of the Kuznetsk Basin. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Kemerovo, 2000. 30 p.
9. Crist Ray H., Martin J. R. Use of a novel formulation of kraft lignin for toxic metal removal from process waters. *Separ. Sci. and Technol.*, 2004, 39(7), pp. 1535—1545.
10. Palma G., Freer J., Baeza J. Removal of metal ions by modified *Pinus radiata* bark and tannins from water solutions. *Water Res.*, 2003, 37(20), pp. 4974—4980.
11. Alykov N. N., Alykova T. V., Alykov N. M. et al. *Opoki Astrakhanskoi oblasti* [Molding flask in Astrakhan Oblast]. Astrakhan, Astrakhan University Publ., 2005. 138 p.
12. Vyalkova E. I. *Issledovanie prirodnnykh mineralov i otkhodov proizvodstva Tyumenskoi oblasti i Ural'skogo regiona s tsel'yu ochistki vody i gruntov* [The research of natural minerals and industrial wastes in Tyumen Oblast and Ural District in order to purify water and soils. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Tyumen, 1999. 180 p.
13. Tarasevich Yu. I. *Prirodnye sorbenty v protsessakh ochistki vody* [Natural sorbents in water purification processes]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1981. 206 p.
14. Distanov U. G., Konyukhova T. P. *Mineral'noe syr'e. Sorbenty prirodnye* [Mineral raw materials. Natural sorbents]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1999. 42 p.
15. Alekseev L. S. *Kontrol' kachestva vody* [Water quality control]. Moscow, INFRA-M Publ., 2004. 154 p.
16. Moskvicheva E. V., Sakharova A. A., Cherkesov A. K., Khatulev D. K., Kuz'mina T. A. [The problem of increase in iron content of water and its impact on a human body]. *Molodezh', nauka, innovatsii: III Vseros. nauch.-praktich. konf., 24—26 oktyabrya 2014 g.* [Youth, science, innovations. III All-Russian Sc.-Pr. Conf., 24—26 October, 2014]. Grozny, 2014, vol. 1, pp. 219—221.
17. Doskina E. P., Sakharova A. A., Kuz'mina T. A., Sidiyakin P. A., Ukladova T. M., Ibragimova Z. K. [The research of subsidence process of wash water suspension in water stations]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Sea Region], 2014, no. 1 (7), pp. 75—79.
18. Moskvicheva A. V., Sakharova A. A., Cherkesov A. K., Ibragimova Z. K. [Disposal of iron-containing wash water]. *Sovremennaya nauka i innovatsii* [Modern science and innovations], 2015, no. 2, pp. 108—113.

19. Doskina E. P., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Ryl'tseva M. V., Shishkina D. V. [Purification of wash water of iron removal stations]. *Tekhnologiya ochistki vody «Tekhnovod-2016»: Materialy IX Mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf. 5—7 oktyabrya 2016 goda* [Water purification technology “Tekhnovod-2016”. Proc. of the IX Int. Sci.-Pr. Conf. 5—7 October, 2016]. Rostov-on-Don. Pp. 153—157.

*For citation:*

Moskvicheva E. V., Doskina E. P., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Katerinin K. V., Batmanov V. P., Belousova Yu. B. [The use of natural mineral for wash water purification]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 249—260.

*About authors:*

**Moskvicheva Elena Viktorovna** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Doskina El'vira Pavlovna** — Candidate of Engineering Science, Professor, Professor of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Sakharova Anastasiya Andreevna** — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Moskvicheva Anastasia Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Katerinin Konstantin Viktorovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Mathematic and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). Russian Federation, 400074, Volgograd, 1, Akademicheskaya St., [katerinin@yandex.ru](mailto:katerinin@yandex.ru)

**Batmanov Viktor Pavlovich** — Doctor of Medical Science, Professor, Professor of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [vbatmanov@mail.ru](mailto:vbatmanov@mail.ru)

**Belousova Yuliya Borisovna** — Postgraduate student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)



УДК 628.3

**Е. В. Москвичева<sup>а</sup>, Э. П. Доскина<sup>а</sup>, А. А. Сахарова<sup>а</sup>, Г. Л. Гиззатова<sup>б</sup>,  
М. В. Рыльцева<sup>а</sup>, Т. В. Мешкова<sup>а</sup>, Ю. А. Тищенко<sup>а</sup>**

<sup>а</sup>*Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup>*Волгоградский государственный аграрный университет*

## **РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ В БАССЕЙНАХ ОТ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Излагаются результаты научных исследований, внедрение которых позволило повысить эффективность очистки оборотных вод в плавательных бассейнах от поверхностно-активных веществ (ПАВ). Доказано, что при очистке водных сред от неионогенных и анионных ПАВ необходимо применять вещества, исходя из величин энергии образования адсорбционных комплексов, имеют пористую структуру и содержат оксиды и гидроксиды *p*, *d*-металлов. Выявлен природный материал, который после модификации приобретает высокие сорбционные свойства по отношению обозначенных загрязнителей. Разработаны оптимальные условия модификации сырья, определены параметры фильтрования с использованием в качестве загрузки модифицированного природного сырья (МПС).

Разработан экспресс-анализ азотоаммонийных органических веществ (НПАВ). Предложена упрощенная формула расчета величины ХПК в водных средах, содержащих ПАВ и другие органические соединения. Применение МПС для очистки от неионогенного и анионных ПАВ позволяет получать более стабильное нормативное качество воды в бассейнах круглый год с незначительными затратами на обработку (модифицирование) природного сырья и регенерацию отработанного сорбента.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** поверхностно-активные вещества, модифицированное природное сырье, плавательные бассейны, повторное использование воды.

Большая часть поверхностно-активных веществ (ПАВ) присутствует в водных средах в молекулярной форме или коллоидной, что не позволяет их эффективно устранять применяемыми на сегодняшний день методами очистки, а очищенную воду использовать повторно [1—4].

Согласно ГОСТ Р 52991-2008 Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода. Москва, Стандартинформ, 2009, 11 с.; ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». М.: ИПК Изд-во стандартов, 1985. 6 с. наиболее остро обозначенная проблема присутствует при очистке воды в плавательных бассейнах.

Анализ существующих систем очистки воды в бассейнах, а также последних достижений отечественных и зарубежных\* ученых показал [5—9], что в ходе эксплуатации их эффективность, не достигнув запланированного рабочего ресурса, падает [5—9]. Руководствуясь конечным результатом, в плавательных бассейнах увеличивают объем «свежей» воды по водопотреблению, удаление ПАВ из бассейновой воды — затратный и сложный процесс [10—13].

---

\* DIN 196431.2. (Германия) «Подготовка воды для плавательных и купальных бассейнов».

European Parliament 2006, Directive 2006/7/EC of the European parliament and of the council concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC, EU directive edn, Brussels.

На основе фактических результатов работы общественных плавательных бассейнов, обобщения имеющихся литературных данных проведено исследование по повышению эффективности очистки воды от ПАВ, решающее одновременно экономические и экологические аспекты водоочистки.

При очистке бассейновой воды труднейшей задачей является ликвидация всех ПАВ, но особенно неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ). ПАВ, ориентировано адсорбируясь на используемых фильтрах, образуют новый поверхностный слой с особыми физико-химическими свойствами, которые практически не учитываются в технологическом цикле очистки. Прежде всего, это важно при фильтровании через сорбент и тем более при определении концентрации обозначенных соединений.

Процесс фильтрования основывается на множестве технологических параметров и главным образом на свойствах фильтрующего материала, фильтруемой среды гидротехнических режимах процесса.

В проводимом исследовании выявлялась причина преждевременного снижения эффективности используемых сорбентов, требовалось выявить компоненты определения отравляющих их, снижающие эффективность сорбции.

Для разработки технологии очистки пресной воды в бассейнах, обеспечивающая стабильное нормативное качество, рассматривались варианты фильтрующей загрузки. Было предложено использовать модифицированное природное сырье (МПС).

Испытания различных фракций разработанного МПС проводились на лабораторной установке [14, 15].

Фильтрование загрязненной воды производили при  $pH = 7,0$ . Скорость фильтрования поддерживалась постоянной. Для регулирования скорости и расхода фильтруемой жидкости создавали вакуум с помощью буферной колбы, вакуумного насоса, контролируемого с помощью U-образного манометра.

Очищенная вода (фильтрат) поступала в мерный сосуд, при этом фиксировалось время фильтрования.

Влияние температуры на интенсивность процесса фильтрования изучали при высоте слоя МПС в фильтровальной колонке 100 мм. Удельный расход воды, проходящей через колонку, —  $6,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Изучение влияния температуры показало, что при снижении температуры возрастает эффективность удаления неионогенного ПАВ. Это можно объяснить тем, что повышается электрофильность ионогенного, но снижается неионогенного ПАВ, возникает ситуация, когда ПАВ превращает поверхность сорбента в инертную составляющую, снижается хемосорбция.

При этом наиболее полно используется весь объем фильтрующего слоя, но снижается эффективность очистки.

Также из полученных данных видно, что с повышением начальной концентрации загрязнителей — ПАВ и размеров фракций эффективность очистки увеличивается. При температуре  $20^\circ\text{C}$  и начальной концентрации ПАВ в воде до 5 мг/л и размере частиц фракции МПС, не превышающем 1...5 мм, степень очистки воды составляет более 95 %.

Изучение интенсивности процесса фильтрования через слой МПС показало, что степень очистки меняется в зависимости от удельного расхода воды. Важную роль играет фракционный состав загрузки фильтра. Объемную скорость модельной сточной воды, измеряемую в мл/с, пересчитывали на объ-

емный расход  $V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) или на удельный расход, измеряемый в  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Начальная концентрация ПАВ в воде — 5 мг/л.

При применении мелких фракций сорбента степень извлечения неионогенных поверхностно-активных веществ выше. Так, концентрации рассматриваемого НПАВ в очищенной воде после фильтрования через слой МПС высотой 100 мм для смеси фракций МПС 0,1...0,5 мм уложились в интервал 0,1...0,3 мг/л, а для смеси фракций МПС 5...10 мм соответствующий показатель очистки в пределах 1,1...1,9 мг/л при тех же удельных расходах воды близко к  $6,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Степень очистки при этом составляет соответственно не менее 98,8, 96,9 и 81,0 %.

При удельных расходах модельного раствора до  $6,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$  и температуре 20 °С снижение концентрации НПАВ в фильтрате до практически отсутствия может достигаться увеличением площади и времени связи загрязненной воды со смешанным реагентом, т. е., применением фракции с малым размером частиц и увеличением высоты слоя МПС в фильтре.

Расчет критериев Рейнольдса, отвечающего гидродинамическим режимам потоков в наполненном сорбентом адсорбере при удельных расходах 7,0 ( $\text{Re}_1$ ) и 1,0 ( $\text{Re}_2$ )  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , приведен ниже:

$$\text{Re}_1 = \frac{W_1 D \rho}{\mu} = \frac{0,95 \cdot 10^{-2} \cdot 39,40 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^{-3}} = 374,3; \quad (1)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{W_2 D \rho}{\mu} = \frac{0,67 \cdot 10^{-3} \cdot 39,40 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^{-3}} = 26,40, \quad (2)$$

где  $W_1$  и  $W_2$  — линейные скорости модельной загрязненной воды ( $\text{м}/\text{с}$ ), измеренные при указанных расходах;  $D$  — диаметр фильтра, м;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости воды при  $t = 20$  °С, ( $10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ );  $\rho$  — плотность жидкости,  $10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$  [16].

Измерения гидравлического сопротивления слоя МПС показали, что с возрастанием удельного расхода загрязненной воды оно возрастает. В табл. 1 приведены результаты измерений. Согласно табличным данным, применение загрузок с разным фракционным составом не слишком влияет на перепад давления, видимо, вследствие того, что при указанных расходах линейные скорости воды в адсорбере невысокие и гидродинамический режим потока — ламинарный ( $\text{Re} < 2300$ ). Но тем не менее с увеличением дисперсности используемого смешанного реагента гидравлическое сопротивление растет.

*Показатели гидравлического сопротивления МПС в фильтре при различных удельных расходах сточной воды ( $t = 20$  °С, 5 мг/л НПАВ)*

| № опыта | Удельный расход воды, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ | Сопротивление СР, мм вод. ст.     |                                   |                                    |
|---------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|         |                                                                | размер фракции МПС — 0,1...0,5 мм | размер фракции МПС — 1,0...5,0 мм | размер фракции МПС — 5,0...10,0 мм |
| 1       | 6,0                                                            | 378                               | 328                               | 314                                |
| 2       | 5,1                                                            | 264                               | 264                               | 220                                |
| 3       | 4,2                                                            | 240                               | 240                               | 212                                |
| 4       | 3,3                                                            | 230                               | 230                               | 204                                |

Исходя из полученных результатов, для дальнейших исследований была взята фракции МПС 1,0...5,0 мм.

Проведены эксперименты, в которых меняли удельный расход воды при постоянном значении высоты загрузки МПС 40 мм (фракция 1,0...5,0 мм). Графические зависимости эффективности очистки воды, загрязненной неионогенным ПАВ, от пропущенного объема при различных удельных расходах воды представлены на рис. 1.

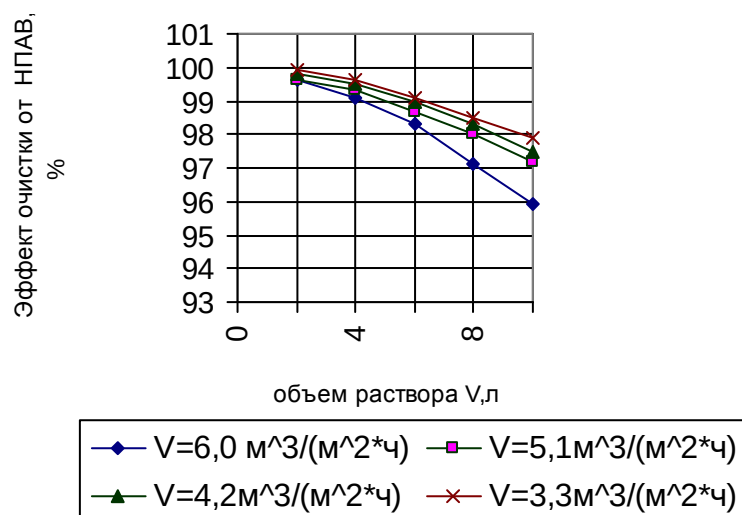


Рис. 1. Зависимость эффекта очистки воды, загрязненной НПВ, от объема раствора  $V$ , прошедшего через фильтр

Фракция МПС 1,0...5,0 мм, удельный расход очищаемого модельного раствора:  $V = 6,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $V = 5,1 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $V = 4,2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $V = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

Рассматривая зависимости, представленные на рис. 1, можно сделать вывод: эффективность очистки при расходах воды 3,3; 4,2 и 5,1  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  практически одинакова. В начальный момент ( $V < 0,007 \text{ м}^3$ ) при рассматриваемых расходах воды достигалась эффективность более 98 %. С увеличением удельного расхода до 6,0  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  наблюдается уменьшение эффективности, поэтому оптимальным можно считать расход воды 5...5,5  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

В статье приводятся результаты экспериментов по определению высоты загрузки МПС (фракции 1,0...5,0 мм) при постоянном значении удельного расхода воды 5,5  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

В фильтрат было отфильтровано 25 л модельной сточной воды через ряд последовательно расположенных слоев МПС. Дистиллированная вода пропусклась сверху вниз, перед разборкой слоев через фильтр. Анализ указал на отсутствие в ней ПАВ (менее 0,01 %), что свидетельствует о достаточной прочности связывания ПАВ с МПС.

С течением времени фронт максимальной насыщенности сдвигается к верхней границе насадки, из-за чего концентрация ПАВ в фильтрате увеличивается. Это является условием проведения процесса регенерации фильтра.

Зависимость количества удельно извлеченных (поглощенных) ПАВ от высоты слоя МПС приведена на рис. 2.

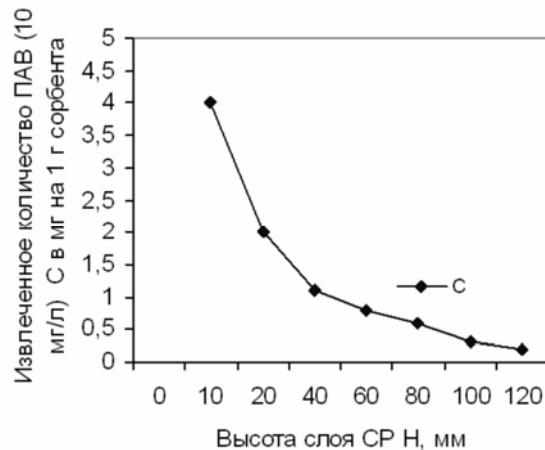


Рис. 2. Зависимость количества удельно извлеченных (поглощенных) ПАВ от высоты слоя МПС (расход загрязненной воды 5...5,5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч)):  $C = 157,31N^{-1,08}$   
 $R^2 = 0,9963$

Режим параллельного переноса фронта адсорбции, перемещающегося с постоянной скоростью  $U$  (что указывает на стационарность процесса), выражается известным уравнением Н. А. Шилова:

$$T = KH - \tau, \quad (3)$$

где  $T$  — время защитного действия фильтрующего слоя;  $K$  — коэффициент фильтрующего (защитного) действия слоя;  $H$  — высота неподвижного слоя загрузки;  $\tau$  — потеря времени защитного действия слоя.

Для построения зависимости времени защитного действия от высоты слоя МПС (фракция 1,0...5,0 мм) мы определяли соответствующие объемы фильтрата и тем самым время защитного действия при различных высотах. Задаваясь требуемой эффективностью процесса очистки воды 98 % при различных высотах, построена графическая зависимость времени защитного действия  $T$  от высоты слоя загрузки МПС ( $H$ ), представленная на рис. 3.

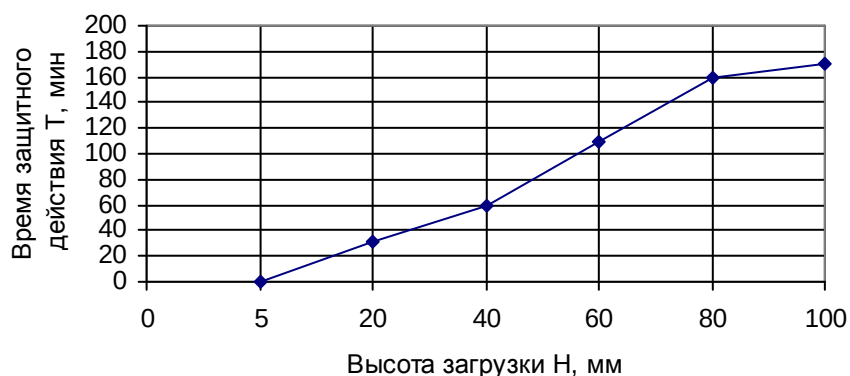


Рис. 3. Зависимость времени защитного действия слоя от высоты слоя загрузки ( $H$ ) через СР:  $t^\circ = 20^\circ\text{C}$ ,  $C_0 \text{ ПАВ} = 5 \text{ мг/л}$

По результатам математической обработки графической зависимости (рис. 3) получено уравнение зависимости времени защитного действия фильтра от высоты слоя МПМ (время  $T$  в мин, высота  $H$  в мм):

$$T = 1,57 H - 7,73. \quad (4)$$

Стоит отметить, что экспериментальные данные хорошо аппроксимируются уравнению (3), уравнение (4) выведено со множественным коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,9963$ .

Из уравнения (4) следует, что при высоте слоя загрузки МПС (фракция 1,0...5,0 мм) в фильтре более 100 мм, расходе загрязненной воды 5...5,5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч) время защитного действия фильтра составляет более 175 мин, достигается степень очистки от ПАВ более 98 % при достаточно высокой прочности связывания веществ в слое МПМ, что подтверждает выводы о хороших сорбционных свойствах МПС по ПАВ.

#### Выводы:

1. Изучены физико-химические свойства и характеристики природного минерала как сорбента,
2. Определены закономерности его модификации окислителем для получения нового сорбента для очистки ПАВ содержащих вод.
3. Найдены физико-химические и технологические показатели полученного МПС, необходимые для его использования при очистке воды в бассейнах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукиных Н. А., Липман Б. Л., Криштул В. П. Методы доочистки сточных вод. М.: Стройиздат, 1978. 156 с.
2. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.
3. Стрелетов И. В. Разработка технологии очистки нефтесодержащих сточных вод с использованием смешанного реагента: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2012. 173 с.
4. Ресурсосберегающие технологии очистки питьевой воды: постановка проблемы и региональные особенности путей решения / Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова, С. З. Тажиева, А. Э. Усынина. Волгоград: Волгоградское научное издательство. 2013. 251 с.
5. Disinfection by-products formation during wastewater disinfection with peracetic acid / A. Dell'Erba, D. Falsanisi, L. Liberti, M. Notarnicola, D. Santoro // Desalination. 2007. Vol. 215. № 1-3. Pp. 177—186.
6. Salmonella mutagenicity results for 250 chemicals / S. Haworth, T. Lawlor, K. Mortelmans, W. Speck, E. Zeiger // Environmental Mutagenesis Supplement. 1983. Vol. 1. Pp. 3—142.
7. Photoinactivation and photoreactivation responses by bacterial pathogens after exposure to pulsed UV-light / M. Maclean, L. E. Murdoch, M. N. Lani, S. J. MacGregor, J. G. Anderson, G. A. Woolsey // Proceedings of the 2008 IEEE International Power Modulators and High Voltage Conference, PMHVC. 2008. P. 326.
8. Use organoclay to extend the life of filter media // Chem. Eng. 1997. № 2. P. 104.
9. Salmonella mutagenicity tests: III. Results from the testing of 255 chemicals / E. Zeiger, B. Anderson, S. Haworth, T. Lawlor, K. Mortelmans, W. Speck // Environmental and Molecular Mutagenesis. 1987. Vol. 9. Iss. S9. Pp. 1—60. DOI: 10.1002/em.2860090602
10. Возрождение Волги — шаг к спасению России: в 2 кн. / под ред. И. К. Комарова. М. — Н. Новгород: Экология, Кн. 1. 1996. 464 с., кн. 2. 1997. 511 с.
11. Kinetic assessment and modeling of an ozonation step for fullscale municipal wastewater treatment: Micropollutant oxidation, by-product formation and disinfection / S. G. Zimmermann, M. Wittenwiler, J. Hollender, M. Krauss, C. Ort, H. Siegrist, U. von Gunten // Water research. 2011. Vol. 45. № 2. Pp. 605—617.
12. Young D. M., Crowell A. D. Physical adsorption of gases. London, 1962. 181 p.
13. Pat. USA № 5401418. Method of removing hydrocarbon contaminants from air and water with organophilic, quaternary ammonium ion-exchanged smectite clay.

14. Исследование взаимосвязи между физико-химическими свойствами промышленных сточных вод и методами их очистки / Е. В. Москвичева, А. В. Москвичева, Д. О. Игнаткина, П. А. Сидякин, Д. В. Щитов, Т. А. Кузьмина // Современные проблемы науки образования. 2014. № 6. С. 98.

15. Юрко А. В., Москвичев С. С., Москвичева Е. В. Альтернативный способ очистки сточных вод от эмульгированных органических загрязнителей // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 16(35). С. 183—185.

16. Кинетическая модель флотации с использованием смешанного реагента на основе отхода производства / Е. В. Москвичева, А. В. Москвичева, Д. О. Игнаткина, П. А. Сидякин, Д. В. Щитов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Вып. 40 (59). С. 45—57.

© Москвичева Е. В., Доскина Э. П., Сахарова А. А., Гиззатова Г. Л., Рыльцева М. В.,  
Мешкова Т. В., Тищенко Ю. А., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Разработка экологически безопасной технологии очистки воды в бассейнах от поверхностно-активных веществ / Е. В. Москвичева, Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, Г. Л. Гиззатова, М. В. Рыльцева, Т. В. Мешкова, Ю. А. Тищенко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 261—269.

Об авторах:

**Москвичева Елена Викторовна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Доскина Эльвира Павловна** — канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Сахарова Анастасия Андреевна** — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Гиззатова Гульнара Линуровна** — канд. техн. наук, доцент кафедры химии, Волгоградский государственный аграрный университет. Российская Федерация, 400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26.

**Рыльцева Мария Валерьевна** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Мешкова Татьяна Валерьевна** — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Тищенко Юлия Александровна** — аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**E. V. Moskvicheva, E. P. Doskina, A. A. Sakharova, G. L. Gizzatova, M. V. Ryl'tseva,  
T. V. Meshkova, Yu. A. Tishchenko**

## THE DEVELOPMENT OF ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES OF WATER PURIFICATION IN SWIMMING POOLS FROM SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES

The results of the scientific researches the implementation of which allowed to increase the efficiency of recycled water purification in swimming pools from surfactants (S) are stated in the article. It is proved that to clean water environments from nonionic and anion surfactant it is

necessary to apply substances, which, proceeding from the energy magnitude of formation of adsorptive complexes, have porous structure and contain oxides and hydroxides p, d-metals. Natural material that after its modification acquires high sorption properties against the designated pollutants is revealed. Optimum conditions of raw material modification are developed, filtering parameters with the use of modified natural raw materials (MNRM) as loading are determined.

The express-analysis of ammonia nitrogen of organic substances (ANOS) is developed. The simplified formula of calculation of Chemical oxygen demand parameters in water environments containing surfactants and other organic compounds is offered. The application of MNRM for cleaning from nonionic and anion surfactants allows to obtain more stable standard quality of water in pools all the year round with minor expenses for natural raw material proceeding (modifying) and waste sorbent regeneration.

**Key words:** surfactants, modified natural raw materials, swimming pools, water reuse.

#### REFERENCES

1. Lukinykh N. A., Lipman B. L., Krishtul V. P. *Metody doochistki stochnykh vod* [Methods of waste water final treatment]. Moscow, Stroizdat Publ., 1978. 156 p.
2. Smirnov A. D. *Sorbtsionnaya ochistka vody* [Sorption water purification]. Leningrad, Khimiya, 1982. 168 p.
3. Strepetov I. V. *Razrabotka tekhnologii ochistki neftesoderzhashchikh stochnykh vod s ispol'zovaniem smeshannogo reagenta* [The development of technology of purification of oil containing waste waters using mixed reagent. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Volgograd, 2012. 173 p.
4. Boronina L. V., Abuova G. B., Tazhieva S. Z., Usynina A. E. *Resursosberegayushchie tekhnologii ochistki pit'voi vody: postanovka problemy i regional'nye osobennosti putei resheniya* [Resource-saving technologies of drinking water purification : problem statement and regional peculiarities of solutions]. Volgograd, Volgograd Scientific Publishing House, 2013. 251 p.
5. Dell'Erba A., Falsanisi D., Liberti L., Notarnicola M., Santoro D. Disinfection by-products formation during wastewater disinfection with peracetic acid. *Desalination*, 2007, 215(1-3), pp. 177—186.
6. Haworth S., Lawlor T., Mortelmans K., Speck W., Zeiger E. Salmonella mutagenicity results for 250 chemicals. *Environmental Mutagenesis Supplement*, 1983, 1, pp. 3—142.
7. Maclean M., Murdoch L. E., Lani M. N., MacGregor S. J., Anderson J. G., Woolsey G. A. Photoinactivation and photoreactivation responses by bacterial pathogens after exposure to pulsed UV-light. *Proc. of the 2008 IEEE Int. Power Modulators and High Voltage Conf. PMHVC*, 2008, p. 326.
8. Use organoclay to extend the life of filter media. *Chem. Eng.*, 1997, no. 2, p. 104.
9. Zeiger E., Anderson B., Haworth S., Lawlor T., Mortelmans K., Speck W. Salmonella mutagenicity tests: III. Results from the testing of 255 chemicals. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 1987, 9(S9), pp. 1—60. DOI: 10.1002/em.2860090602
10. Komarov I. K. (ed.). *Vozrozhdenie Volgi — shag k spaseniyu Rossii: v 2 kn.* [Revival of the Volga — the step to save Russia. In 2 books]. Moscow, Nizhny Novgorod, Ekologiya Publ., book. 1, 1996, 464 p., book 2, 1997, 511 p.
11. Zimmermann S. G., Wittenwiler M., Hollender J., Krauss M., Ort C, Siegrist H., von Gunten U. Kinetic assessment and modeling of an ozonation step for fullscale municipal wastewater treatment: Micropollutant oxidation, by-product formation and disinfection. *Water research*, 2011, 45(2), pp. 605—617.
12. Young D. M., Crowell A. D. *Physical adsorption of gases*. London, 1962. 181 p.
13. Pat. USA № 5401418. *Method of removing hydrocarbon contaminants from air and water with organophilic, quaternary ammonium ion-exchanged smectile clay*.
14. Moskvicheva E. V., Moskvicheva A. V., Ignatkina D. O., Sidiyakin P. A., Schitov D. V., Kuzmina T. A. [The study of relationships between physical and chemical properties of industrial wastewater and methods of their clearing]. *Sovremennye problemy nauki obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 6, p. 98.
15. Yurko A. V., Moskvichov S. S., Moskvichova E. V. [Method of sewage clarification from emulsified organic contamination]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Series: Civil Engineering and Architecture], 2009, no. 16(35), pp. 183—185.



16. Moskvicheva E. V., Moskvicheva A. V., Ignatkina D. O., Sidyakin P. A., Shchitov D. V. [Kinetic model of flotation using a mixed reagent on the basis of production waste]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2015, iss. 40(59), pp. 45—57.

*For citation:*

Moskvicheva E. V., Doskina E. P., Sakharova A. A., Gizzatova G. L., Ryl'tseva M. V., Meshkova T. V., Tishchenko Yu. A. [The development of ecologically safe technologies of water purification in swimming pools from surface-active substances]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 261—269.

*About authors:*

**Moskvicheva Elena Viktorovna** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Doskina El'vira Pavlovna** — Candidate of Engineering Science, Professor, Professor of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Sakharova Anastasiya Andreevna** — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Gizzatova Gul'nara Linurovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Chemistry Department, Volgograd State Agricultural University. 26, Universitetskii prospect, Volgograd, 400002, Russian Federation

**Ryl'tseva Mariya Valer'evna** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Meshkova Tat'yana Valer'evna** — Master's Degree Student of Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Tishchenko Yuliya Aleksandrovna** — Postgraduate student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

УДК 628.16

**Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева, А. А. Геращенко,  
К. В. Катеринин, Д. С. Шишенин, Е. О. Иванников**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТАНЦИИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ**

В связи с ухудшением качества воды в реках и других поверхностных источниках все большее внимание уделяется подземным источникам. Их использование для питьевого водоснабжения в настоящее время составляет около 31 % объема количества потребляемой питьевой воды.

Источником образования загрязненных вод и осадков на станциях обезжелезивания являются промывные воды фильтров. При обработке промывных вод на станциях обезжелезивания возникает проблема утилизации образующегося осадка, который, хотя и не является опасным для окружающей среды, оказывает достаточно неблагоприятное на нее воздействие, увеличивая мутность воды водоемов, оседая на дно, приводит к образованию наносов у берегов рек.

**К л ю ч е в ы е   с л о в а:** подземные воды, станции обезжелезивания, технологическая схема очистки, промывные воды, соединения железа, обезвреживание промывных вод, загрязнение окружающей среды.

В настоящее время более 30 % от объема потребляемой питьевой воды приходится на подземные источники. Воду из них, в зависимости от химического состава, подвергают очистке [1—4]. Основным загрязнителем, особенно в подземных водах степной, полупустынной зон, являются соединения железа, содержание его в питьевой воде не должно превышать 0,3 мг/л (Сан-ПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. С изм. 2010 (Сан-ПиН 2.1.4.1074—01 с изм. 2010)).

На сегодняшний день наиболее распространенным методом очистки является фильтрование через зернистую загрузку с предварительной глубокой либо упрощенной аэрацией. При регенерации фильтров образуются промывные воды (2...28 % от объема добываемой воды), содержащие соединения железа в виде различных гидроксидов до 170...210 мг/л.

На сегодняшний день существующие требования (Водный кодекс РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 28.11.2015)) весьма высоки, но несмотря на это, основной объем концентрированных железосодержащих промывных вод сбрасывается в канализацию. Или в прилегающие водоемы, или на рельеф местности, что, несомненно, приводит к нерациональному использованию подземной воды и загрязнению окружающей среды соединениями железа.

Существующие сооружения по очистке промывных вод на станциях обезжелезивания работают неэффективно: остаточная концентрация железа в воде, осветленной отстаиванием, не менее 30 мг/л. Возврат такой воды в «голову» технологической цепочки водоподготовки приводит к неудовлетворительной работе станции обезжелезивания: повышению содержания железа в фильтрате, уменьшению времени фильтроцикла, перерасходу воды на собственные нужды станции в целом, снижению стоимостных показателей производства.

Подобное объясняется, прежде всего, отсутствием соответствующей технологии, реализация которой должна основываться на подборе эффективных фильтрующих загрузок, способных очистить промывные воды от всех содержащихся в них соединений железа. На сегодняшний день на станциях обезжелезивания пользуются данными анализа по свободному железу (II), (III). Нет технологий, по которым можно очистить промывные и подземные воды от комплексных ионов железа, присутствие которых в подземной воде показали результаты исследований, приведенные в данной статье.

Исследования выполнялись на лабораторном стенде и в производственных условиях на реальных промывных водах. Производственной площадкой выбран МУП «Водоканал» в г. Урюпинске Волгоградской области.

На первом этапе проведен большой объем работ: за 2012—2014 гг. на 6 скважинах ежеквартально отбирались и анализировались пробы исходной воды и, соответственно, за указанный период, в соответствии с графиком промывки фильтров.

Качественный, количественный состав анализировали с помощью фотометра КФК-3, UV-VIS спектрофотометра фирмы Shimadzu UV-2401 PC, анализатора жидкости типа «ЭКСПЕРТ-003», спектрометра модели «КВАНТ-Z.ЭТА», иономера лабораторный И-160, рН-метр рН-410. Полученные результаты (табл. 1) показали наличие в исходных подземных водах железосодержащих комплексных ионов, помимо свободных гидратированных ионов железа (III).

Т а б л и ц а 1

*Химический состав промывных вод станции обезжелезивания г. Урюпинска*

| Показатели                                                       | Единицы измерения   | До очистки | После очистки |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|------------|---------------|
| Железо общее (свободное ионное)                                  | мг/л                | 170...210  | 0,5           |
| Железо в составе комплексных соединений (в связанно-ионном виде) | мг/л                | 68...84    | 0,2           |
| Цветность                                                        | град.               | 10...15    | 10            |
| Окисляемость перманганатная                                      | мг/л·О <sub>2</sub> | 1,2...2,0  | 1,1           |
| Взвешенные вещества                                              | мг/л                | 40...60    | 12            |
| Жесткость карбонатная                                            | мг-экв/л            | 5,9...6,7  | 6,0           |
| Хлориды                                                          | мг/л                | 55...60    | 50            |
| Сульфаты                                                         | мг/л                | 105...110  | 95            |
| рН                                                               | ед.рН               | 7,0...8,0  | 7,0...8,0     |

Состав исходной воды из скважины представлен в табл. 2.

На основе анализа исходной и промывной воды установлено: добываемую воду анализируют и далее очищают от соединений железа, находящегося в свободном, гидратированном виде, а именно, ионы двухвалентного железа переводят окислением в ионы трехвалентного железа, которое уже будет находиться в составе молекул нерастворимых в воде гидроксидов, удаляемых далее фильтрованием. Данные анализа доказали (см. табл. 2), что используемые в лабораториях методы анализа определяют только железо общее, для комплексных соединений другие методы [5—8].

Таблица 2

*Химический состав исходной подземной воды из скважины № 6 г. Урюпинска*

| Показатели                                                       | Ед. изм. | До очистки |        |         |        | После очистки |
|------------------------------------------------------------------|----------|------------|--------|---------|--------|---------------|
|                                                                  |          | I кв.      | II кв. | III кв. | IV кв. |               |
| Запах                                                            | балл     | 1          | 1      | 2       | 2      | 0             |
| Привкус                                                          | балл     | 2          | 1      | 1       | 2      | 1             |
| Цветность                                                        | градус   | 10         | 10     | 15      | 4      | 4             |
| Мутность                                                         | мг/л     | 1,2        | 1,2    | 1,5     | 1,1    | 0,6           |
| Аммиак и ионы аммония                                            | мг/л     | 1          | 0,6    | 1       | 0,7    | 0,4           |
| Нитриты                                                          | мг/л     | 0,008      | 0,005  | 0,015   | 0,006  | 0,005         |
| Нитраты                                                          | мг/л     | 0,5        | 0,5    | 0,6     | 0,5    | 0,5           |
| Железо общее (свободное ионное)                                  | мг/л     | 3,6        | 1,8    | 2,2     | 2      | 0,3           |
| Железо в составе комплексных соединений (в связанно-ионном виде) | мг/л     | 1,44       | 0,72   | 0,88    | 0,8    | 0,78          |
| Хлориды                                                          | мг/л     | 52         | 35     | 55      | 47     | 51            |
| Сульфаты                                                         | мг/л     | 69         | 91     | 103     | 91     | 91            |
| Водородный показатель                                            | ед. pH   | 7          | 7      | 7       | 8      | 7             |
| Общая минерализация                                              | мг/л     | 490        | 442    | 496     | 490    | 496           |
| Жесткость                                                        | °ж       | 5,9        | 5,3    | 6,4     | 6,3    | 6,2           |
| Окисляемость перманганатная                                      | мг/л     | 1,2        | 0,8    | 1,1     | 1,1    | 0,9           |

Сопоставив результаты анализа нескольких методик, убедились, что в скважине № 6 максимальная концентрация соединений железа. Дальнейшие исследования проводили с исходной подземной водой из этой скважины (см. табл. 2).

В подземных водах обнаружены 2 основные группы комплексов железа:

1. Соединения, в состав которых входят молекулы воды и анионы группы ОН<sup>-</sup>, их называют «внутрикомплексные соединения» или «хелатные комплексы». Хелатные комплексы железа отличаются повышенной устойчивостью и входят в состав биологически активных соединений [9, 10].

2. Металлоорганические, точнее, элементоорганические соединения. В молекулах этих соединений ионы железа (II), (III), соединены с углеводородными группами гуминовых соединений. Железо, являясь переходным элементом, содержит незаполненные *d*-оболочки и легко вступает во взаимодействие с  $\pi$ -электронами органических групп гуминовых веществ, образуя устойчивые соединения (очень низкие значения константы нестойкости).

В модельных растворах при исследовании использовались гидроксокомплексы, соли щавелевой и фолиевой кислот (табл. 3).

В модельном растворе применяли хелатные соединения (1—5), соль щавелевой кислоты — оксалат железа (6), соль фолиевой кислоты (7).

Полученные данные позволили конкретней сформулировать дальнейший поиск способа очистки промывных вод от соединений железа. Выявлено, что в технологии обезжелезивания подземных вод должна быть обязательно стадия очистки от комплексных соединений железа, концентрацию которых требуется определять на первом этапе добычи воды. В задачу проводимого

исследования входило обезжелезивание образующихся промывных вод на основе сорбции, поэтому велся поиск сорбционного материала, способного сорбировать все обнаруженные соединения железа. Полученные результаты позволили далее на выбранной производственной площадке проводить работу по усовершенствованию технологии водоподготовки в целом. Выявлены факторы и спрогнозированы результаты их воздействия на опоку, используемую в качестве фильтровального материала: повышение химической сорбции по отношению к соединениям железа в свободно-ионной и комплексной формах. При использовании модифицированной опоки степень очистки промывных вод возрастает до 90...92 %.

Т а б л и ц а 3

*Комплексные соединения, используемые для приготовления модельных растворов  
(1 М растворы)*

| № п/п | Fe <sup>II</sup>                                                                                                | Fe <sup>III</sup>                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>2+</sup>                                                              | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub> ] <sup>3+</sup>                                                              |
| 2.    | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]                                                          | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ]                                                          |
| 3.    | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]                                                          | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ]                                                          |
| 4.    | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]                                                          | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ]                                                          |
| 5.    | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ]                                                          | [Fe(H <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub> ]                                                          |
| 6.    | [Fe <sup>2+</sup> (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>                                 | [Fe <sup>3+</sup> (C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup>                                 |
| 7.    | [Fe <sup>2+</sup> (C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> N <sub>7</sub> O <sub>6</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup> | [Fe <sup>3+</sup> (C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> N <sub>7</sub> O <sub>6</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>2-</sup> |

При проведении эксперимента по изучению избирательных и сорбционных свойств опок обнаружено, что селективность по отношению к ионам железа весьма чувствительна к молекулярному отношению SiO<sub>2</sub>×nH<sub>2</sub>O:Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, которое изменяется в пределах от 5,8 до 10 при термоактивации.

Максимальное извлечение свободных и комплексных ионов железа достигается при молекулярном отношении равном 7, которое достигается при  $t = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$  за 3 часа обработки.

Для анализа брались навески образцов величиной 10 грамм. Скорость нагрева печи 15 °C/ мин. С целью получения большей точности анализа и для лучшего сравнения получаемых данных, исследуемые образцы перед опытами выдерживались в эксикаторе до постоянной массы при постоянной влажности.

Для сравнения структур исходной и модифицированной опок были выполнены микрофотографии с помощью атомно-силовой сканирующей зондовой микроскопии на микроскопе Solver PRO (рис. 1, 2).

Степень очистки модельного раствора от ионов железа, в том числе комплексных, составила 60...63 %. Далее исследования были направлены на повышение степени извлечения железо-загрязнителей термоактивированной опокой.

Учитывая, что сорбция усиливается при образовании устойчивых водородных связей между гидроксильными группами поверхности сорбента и гидроксильными группами гидратированных ионов железа, а также то, что аква-, органические (гуминовые) лиганды при сорбции, в определенных условиях, на поверхности образуют химические связи за счет различных видов электронов: в данном случае это  $\pi$ -электроны лигандов,  $d$ -орбитали атомов

железа и  $p$ -электронов  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  в опоке, в ходе эксперимента была проведена активация (модификация) опоки в кислой ( $\text{HCl} = 10...30\%$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 10...30\%$ ), нейтральной ( $\text{NaCl} = 5...20\%$ ), щелочной ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 5...20\%$ ) средах при температурах от 20 до 110 °С.

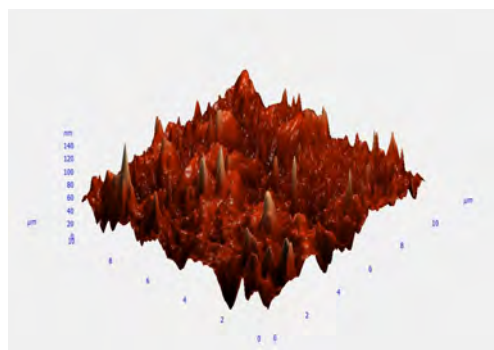


Рис. 1. Исходный образец опоки

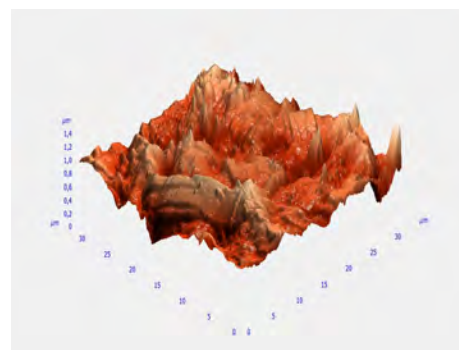


Рис. 2. Образец модифицированной опоки с помощью термообработки

В результате подобраны условия модификации опоки, позволяющие достигать степени очистки от соединений железа не менее 90...92 %.

**Условия модификации природного минерала — опоки.** Минерал подвергался химической и термохимической обработке растворами кислот и солей. Перед модификацией образцы измельчались, просеивались. Наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ионам железа исследуемый природный минерал обладает при размере его частиц в интервале 1...3 мм. Это объясняется тем, что частицы меньшего размера обладают большей поверхностью, а так как сорбция — процесс, протекающий на поверхности материала, то и интенсивность его выше, если поверхность для проведения взаимодействия больше. Поэтому минерал просеивался для отбора частиц размером 1...3 мм. Далее измельченный материал подвергался обработке раствором реагента — модификатора, после чего промывался дистиллированной водой для удаления остатков реагента и высушивался при различных температурах. В лабораторных условиях производилась модификация исследуемого минерала при различных температурах, реагентах и их концентрациях. Исходя из химического состава опоки, следует, что в качестве модификатора лучше использовать растворы минеральных кислот или солей щелочных металлов.

Для получения данных о сорбционной емкости исследуемого минерала после его модификации проведены лабораторные исследования для получения изотерм сорбции статической и динамической, которые характеризуют состояние сорбционного равновесия при постоянной температуре [11—13].

Сорбционная емкость определялась для необработанных и модифицированных образцов опоки по ионам железа при различных исходных концентрациях от 170 до 210 мг/л по изотермам сорбции. Исследовалось влияние модификации на кинетику сорбции ионов железа. Навеска сорбента — опоки составляла 5 г, объем модельного раствора промывной воды — 210 мл, время выдержки — 48 часов.

**Кинетика сорбции.** 3 образца массой 5 г помещались в колбы с притертой пробкой и заливались модельным раствором промывной воды объемом 210 мл. Колбы периодически встряхивали. Определение концентрации ионов железа в модельных растворах проводилось через определенные промежутки времени: 6, 12, 24, 48 ч (рис. 3).

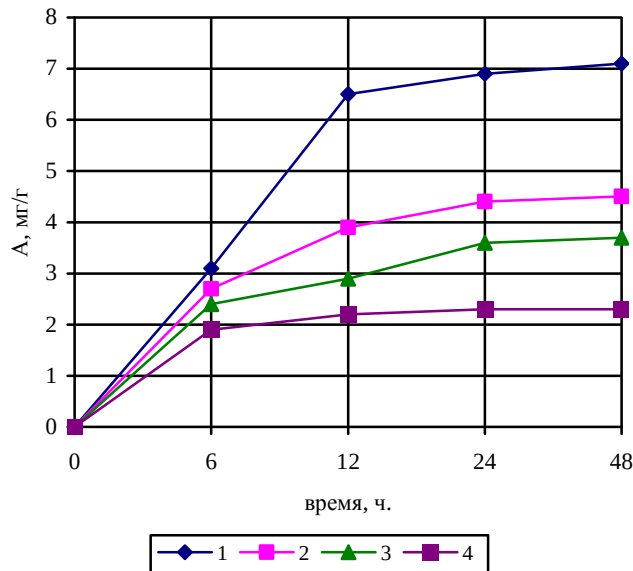


Рис. 3. Кинетика сорбции ионов железа: модельный раствор  $\text{FeCl}_3$  — 210 мг/л; сорбент — опока модифицированная раствором  $\text{HCl}$ ; модификация 6 ч при температуре 200 °С. Концентрация раствора-модификатора: 1 — 30%-й раствор  $\text{HCl}$ ; 2 — 20%-й раствор  $\text{HCl}$ ; 3 — 10%-й раствор  $\text{HCl}$ ; 4 — немодифицированный минерал

Результаты экспериментальных исследований, полученные при изучении модифицированной опоки и изотермы сорбции ионов железа, показали, что характер изотерм сорбции сглаженный. Это можно объяснить быстрым достижением полного насыщения сорбционного материала. Также по характеру изотерм сорбции модификация исследуемого минерала растворами соляной кислоты и хлорида натрия является наиболее эффективной, причем концентрации реагентов должны составлять 30 и 20 % соответственно. Максимальная сорбционная емкость модифицированного минерал составила 8,3 мг/г, в то время как у необработанного минерала — 2,3 мг/г.

**Определение оптимальных условий проведения процесса очистки промывной воды от ионов железа с использованием сорбционного материала.** Кроме свойств адсорбента на величину сорбции влияют свойства очищаемого раствора и технологические факторы. Поэтому определение влияния физико-химических и технологических параметров является необходимым при изучении сорбционных характеристик материала, используемого в качестве сорбента. Для решения поставленной задачи был проведен ряд экспериментов на модельных растворах в статических и динамических условиях с использованием в качестве сорбента опоки, модифицированной 20%-м раствором  $\text{NaCl}$  при температуре 110 °С в течение 3 часов.

**Статические условия. Определение удельного расхода сорбционного материала.** Рациональное применение адсорбционной технологии зависит, прежде всего, от того, насколько хорошо адсорбируются вещества, подлежащие удалению, и, как следствие этого, от того, насколько велик удельный расход адсорбента на единицу объема очищаемой сточной воды. Поэтому целью исследования являлось определение оптимальной навески модифицированного материала для очистки раствора с концентрацией 210 мг/л до допустимых концентраций. Расход сорбента (размер частиц 1...3 мм) изменяли от 5 до 30 г/л. Построена зависимость остаточной концентрации ионов железа в модельных растворах после сорбционной очистки от расхода сорбента (рис. 4).

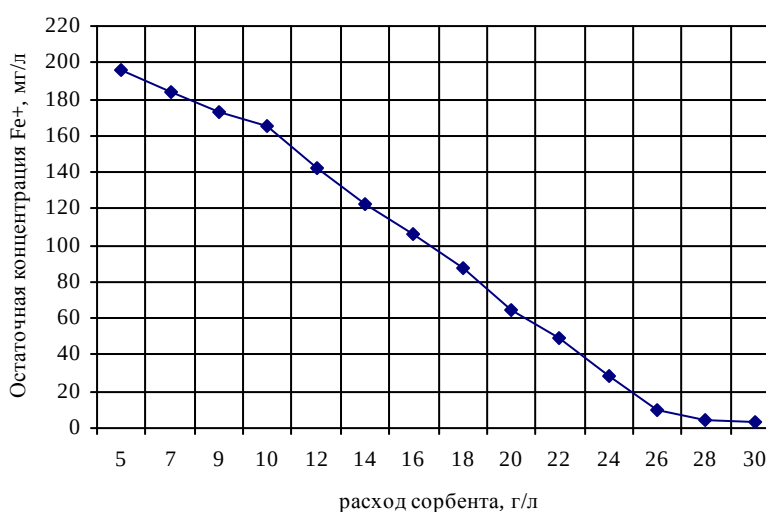


Рис. 4. Зависимость остаточной концентрации ионов железа в модельных растворах после сорбционной очистки от удельного расхода сорбента. Размер частиц сорбента 1...3 мм

Проведя анализ полученных зависимостей, видим, что для достижения концентрации ионов железа в модельных растворах величины допустимой концентрации после проведения процесса очистки с использованием модифицированного минерала расход исследуемого сорбента должен быть 28...30 г/л (размер частиц 1...3 мм).

**Изучение влияния температуры раствора.** Изменение температуры оказывает непосредственное влияние на адсорбцию из растворов. Характер влияния температуры на процесс сорбционного обезжелезивания исследовали в диапазоне температур 10...40 °С. Температурный режим поддерживался с помощью термостата. Концентрация ионов железа в модельном растворе — 210 мг/л, масса воздушно-сухого сорбента крупностью 1...3 мм составляла 30 г/л. В качестве сорбента использована опока, модифицированная 20%-м раствором NaCl при температуре 110 °С в течение 3 часов.

Выявлено, что при температуре 20 °С адсорбция ионов железа повышается по сравнению с величиной адсорбции при температуре 10 °С, а с повышением температуры до 40 °С эффективность очистки также понижается, что связано с процессом десорбции. Поэтому можно сделать вывод о том, что



наиболее полное извлечение ионов железа из растворов исследуемым сорбентом происходит при температуре 20 °С.

**Изучение влияния величины pH раствора.** Показатель pH оказывает существенное влияние на протекание практически всех физико-химических процессов. Исследование влияния pH водных растворов на величину адсорбции проводилось на модельных растворах с концентрацией ионов железа 210 мг/л. Навеска модифицированного сорбционного материала крупностью 1...3 мм — 30 г/л. Кислую и щелочную среду создавали путем добавления соответственно растворов соляной кислоты (HCl) или гидроксида натрия (NaOH).

Согласно полученным результатам, наиболее полное извлечение ионов железа из воды происходит при значениях pH от 7 до 9. Низкое значение сорбционной емкости в кислой среде говорит о том, что часть сорбционного материала расходуется на нейтрализацию раствора.

**Влияние интенсивности перемешивания.** Ускорению процесса сорбции способствует перемешивание в системе «жидкость — твердое тело», создающее условия интенсивного массопереноса под действием турбулентной диффузии. Скорость протекания процесса адсорбции в статических условиях зависит от степени турбулентности системы.

Для изучения влияния интенсивности перемешивания на эффективность сорбционной очистки в статических условиях, колбы с модельным раствором и навеской сорбента для более интенсивного протекания процесса помещали на магнитные мешалки. Концентрация ионов железа в модельном растворе составляла 210 мг/л, масса навески сорбента — 30 г. Перемешивание проводилось при различных скоростях — от 400 до 1000 об/мин.

Таким образом, с увеличением интенсивности перемешивания эффективность сорбционной очистки возрастает до определенного предела. За оптимальный режим перемешивания принято число оборотов мешалки, равное 800 об/мин.

**Динамические условия.** Сорбционная емкость исследуемого минерала при работе в непрерывном динамическом режиме зависит от следующих факторов: крупность зерен загрузки фильтра, скорость фильтрации раствора, высота слоя загрузки и концентрация извлекаемого элемента в исходном растворе.

**Влияние скорости фильтрации.** Увеличение скорости фильтрации ведет к сокращению длительности фильтроцикла. Для определения оптимальной скорости фильтрования был проведен ряд экспериментов на модельном растворе с концентрацией ионов железа 210 мг/л. В колонку диаметром 50 мм загружали 150 г крупностью 1...3 мм. С линейной скоростью 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 и 11,0 м/ч через сорбент пропускали 5 л раствора.

Как известно, при использовании колонок объемом меньше 1 л вследствие незначительной высоты слоя сорбента линейная скорость протекания не должна превышать 4—10-кратного объема загруженного сорбента в час. Исходя из этого условия и полученных экспериментальных данных, линейная скорость фильтрации во всех экспериментах принята 5,0...11,0 м/ч. Таким образом, варьируя рассмотренные величины, можно добиться оптимального режима работы установки сорбционной очистки.

С учетом полученных технологических параметров использования модифицированной опоки для очистки промывных вод станции обезжелезивания предложена технологическая схема [14—18].

### Выводы:

1. Разработана малоотходная безреагентная технология очистки промывных вод станции обезжелезивания на основе модифицированного природного минерала, позволяющая не менее 26...27 % очищенной воды возвращать в процесс водоподготовки, что снижает затраты на сооружения и создает возможный резерв на уменьшение тарифов (20...22 %); отработанный сорбционный материал используется в дорожно-строительном производстве и в строительной индустрии.

2. Доказано, что в лабораторных и производственных условиях метод очистки подземных и соответствующих промывных вод результативен, если извлекаются из водной среды не только свободные ионы, но и ионы железа в составе комплексных соединений.

3. Сформулирован принцип целенаправленного подбора факторов модификации природного минерала, с целью повышения у него селективных свойств по отношению к ионам железа. Для подземных вод степной зоны рекомендовано модифицировать опоку 30%-м раствором HCl и 20%-м раствором NaCl при температуре 110 °C в течение 3 ч.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблема повышения содержания железа в воде и его действие на организм человека / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. К. Черкесов, Д. К. Хатулев, Т. А. Кузьмина // Молодежь, наука, инновации: III Всерос. науч.-практич. конф., 24—26 октября 2014 г. Грозный, 2014. Т. 1. С. 219—221.
2. Исследование процесса седиментации взвеси промывных вод водопроводных станций / Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, Т. А. Кузьмина, П. А. Сидякин, Т. М. Укладова, З. К. Ибрагимова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2014. № 1 (7). С. 75—79.
3. Обезвреживание железосодержащих промывных вод / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. К. Черкесов, З. К. Ибрагимова // Современная наука и инновации. 2015. Вып. 2. С. 108—113.
4. Очистка промывных вод станции обезжелезивания / Э. П. Доскина, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева, М. В. Рыльцева, Д. В. Шишкина // Технология очистки воды «Техновод-2016»: Материалы IX Международной науч.-практич. конф., 5—7 октября 2016 года. Ростов н/Д. С. 153—157.
5. Николадзе Г. И., Сомов М. А. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1995. 688 с.
6. Кукушкин Ю. Н. Химия координационных соединений: учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов. М.: Высшая школа, 1985. 457 с.
7. Пацевский Б. И., Логинова О. Н. О принципах образования комплексных соединений / // Проблемы современной бионеорганической химии. Новосибирск: Наука, 1986. С. 4—10.
8. Крешков А. П. Основы аналитической химии. М.: Химия, 1976. Т. 1. 460 с.
9. Веницианов Е. В., Рубинштейн Р. Н. Динамика сорбции из жидких сред. М.: Наука, 1983. 237 с.
10. Методические рекомендации № 15. Сорбционное извлечение ценных компонентов из природных вод и технологических растворов / разраб. И. А. Клименко. М.: ВИМС, 1981. 35 с.
11. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессе очистки воды. Киев: Наукова думка, 1981. 208 с.
12. Дистанов У. Г., Конюхова Т. П. Минеральное сырье. Сорбенты природные: справочник. М.: Геоинформмарк, 1999. 42с.
13. Алексеев Л. С. Контроль качества воды: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 154 с.
14. Вялкова Е. И. Исследование природных минералов и отходов производства Тюменской области и Уральского региона с целью очистки воды и грунтов: дис... канд. техн. наук. Тюмень, 1999. 180 с.
15. Журба М. Г., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Т. 2. Улучшение качества воды: учебник для вузов. М.: Издательство АСВ, 2008. 544 с.
16. Адсорбция органических веществ из воды / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко, И. Г. Рода. Л.: Химия, 1990. 256 с.

17. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоздат, 1984. 560 с.
18. Унифицированные методы анализа воды / под ред. Ю. Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.

© Москвичева Е. В., Сахарова А. А., Москвичева А. В., Геращенко А. А., Катеринин К. В.,  
Шишенин Д. С., Иванников Е. О., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Повышение экологической безопасности станции обезжелезивания / Е. В. Москвичева, А. А. Сахарова, А. В. Москвичева, А. А. Геращенко, К. В. Катеринин, Д. С. Шишенин, Е. О. Иванников // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 270—281.

Об авторах:

**Москвичева Елена Викторовна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Сахарова Анастасия Андреевна** — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Москвичева Анастасия Владимировна** — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Геращенко Алла Анатольевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Катеринин Константин Викторович** — канд. техн. наук, доцент кафедры математики и информационных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [katerinin@yandex.ru](mailto:katerinin@yandex.ru)

**Шишенин Дмитрий Сергеевич** — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Иванников Евгений Олегович** — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**E. V. Moskvicheva, A. A. Sakharova, A. V. Moskvicheva, A. A. Gerashchenko,  
K. V. Katerinin, D. S. Shishenin, E. O. Ivannikov**

## INCREASE IN ECOLOGICAL SAFETY OF IRON REMOVAL STATION

Greater attention is paid to underground sources because of the deterioration of water quality in rivers and other surface sources. The use of underground sources for drinking water supply currently makes up about 31% of the total amount of consumed drinking water.

The source of contaminated water and sediments in iron removal stations is wash water of filters. When processing wash water in iron removal stations the problem of sludge disposal occurs, which, while not being a threat to the environment, however, has a negative impact on it, increasing water turbidity in water reservoirs, settling on the bottom, and leads to the formation of sediment on the river banks.

**Key words:** groundwater, iron removal station, process scheme of purification, wash water, iron compounds, wash water neutralization, environmental pollution.

REFERENCES

1. Moskvicheva E. V., Sakharova A. A., Cherkesov A. K., Khatulev D. K., Kuz'mina T. A. [The problem of increase in iron content of water and its impact on a human body]. *Molodezh', nauka, innovatsii: III Vseros. nauch.-praktich. konf.*, 24—26 oktyabrya 2014 g. [Youth, science, innovations: III All-Russian Sci.-Pr. Conf., 24—26 October, 2014]. Grozny, 2014, vol. 1, pp. 219—221.
2. E. P. Doskina, A. A. Sakharova., T. A. Kuz'mina, P. A. Sidyakin, T. M. Ukladova, Z. K. Ibragimova [The research of subsidence process of wash water suspension in water stations]. *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Sea Region], 2014, no. 1 (7), pp. 75—79.
3. Moskvicheva A. V., Sakharova A. A., Cherkesov A. K., Ibragimova Z. K. [Disposal of iron-containing wash water]. *Sovremennaya nauka i innovatsii* [Modern science and innovation], 2015, no. 2, pp. 108—113.
4. Doskina E. P., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Ryl'tseva M. V., Shishkina D. V. [Purification of wash water of iron removal stations]. *Tekhnologiya ochistki vody «Tekhnovod-2016»: Materialy IX Mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf.* 5—7 oktyabrya 2016 goda [Water purification technology “Tekhnovod-2016”. Proc. of the IX Int. Sci.-Pr. Conf. 5—7 October, 2016]. Rostov-on-Don. Pp. 153—157.
5. Nikoladze G. I., Somov M. A. *Vodosnabzhenie* [Water supply]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1995. 688 p.
6. Kukushkin Yu. N. *Khimiya koordinatsionnykh soedinenii: uchebnoe posobie dlya studentov khimicheskikh i khimiko-tekhnologicheskikh spetsial'nostei vuzov* [Coordination compound chemistry. Tutorial for students of chemical and chemical-engineering specialties of institutions of higher education]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1985. 457 p.
7. Pashchevskii B. I., Loginova O. N. [Towards the principles of formation of complex compounds]. *Problemy sovremennoi bioneorganicheskoi khimii* [Problems of modern bioinorganic chemistry]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. Pp. 4—10.
8. Kreshkov A. P. *Osnovy analiticheskoi khimii* [Principles of analytical chemistry]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. Vol. 1. 460 p.
9. Venitsianov E. V., Rubinshtein R. N. *Dinamika sorbtsii iz zhidkikh sred* [Dynamics of sorption from fluid]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 237 p.
10. Klimenko I. A. *Metodicheskie rekomendatsii № 15. Sorbtsionnoe izvlechenie tsennykh komponentov iz prirodnnykh vod i tekhnologicheskikh rastvorov* [Methodological recommendations no. 15. Sorption extraction of valued components from natural waters and process solutions]. Moscow, VIMS, 1981. 35 p.
11. Tarasevich Yu. I. *Prirodnye sorbenty v protsessakh ochistki vody* [Natural sorbents in water purification processes]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1981. 206 p.
12. Distanov U. G., Konyukhova T. P. *Mineral'noe syr'e. Sorbenty prirodnye* [Mineral raw materials. Natural sorbents]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1999. 42 p.
13. Alekseev L. S. *Kontrol' kachestva vody* [Water quality control]. Moscow, INFRA-M Publ., 2004. 154 p.
14. Vyalkova E. I. *Issledovanie prirodnnykh mineralov i otkhodov proizvodstva Tyumenskoi oblasti i Ural'skogo regiona s tsel'yu ochistki vody i gruntov* [The research of natural minerals and industrial wastes in Tyumen Oblast and Ural District in order to purify water and soils. Cand. Eng. Sci. Diss.]. Tyumen, 1999. 180 p.
15. Zhurba M. G., Govorova Zh. M. *Vodosnabzhenie. T. 2. Uluchshenie kachestva vody* [Water supply. Vol. 2. Water quality improvement]. Moscow, ASV Publishing House, 2008. 544 p.
16. Koganovskii A. M., Klimenko N. A., Levchenko T. M., Roda I. G. *Adsorbtsiya organicheskikh veshchestv iz vody* [Organic substance adsorption from water]. Leningrad, Khimiya Publ., 1990. 256 pages.
17. Izrael Yu. A. *Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoi sredy* [Ecology and control over the state of the environment]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1984. 560 p.
18. Lurie Yu. Yu. (ed.). *Unifitsirovannye metody analiza vody* [Unified water analysis methods]. Moscow, Khimiya Publ., 1973. 376 p.

For citation:

Moskvicheva E. V., Sakharova A. A., Moskvicheva A. V., Gerashchenko A. A., Katerinin K. V., Shishenin D. S., Ivannikov E. O. [Increase in ecological safety of iron removal station]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 270—281.

*About authors:*

**Moskvicheva Elena Viktorovna** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Sakharova Anastasiya Andreevna** — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Moskvicheva Anastasia Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Gerashchenko Alla Anatol'evna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Katerinin Konstantin Viktorovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Mathematic and Information Technology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). Russian Federation, 400074, Volgograd, 1, Akademicheskaya St., katerinin@yandex.ru

**Shishenin Dmitrii Sergeevich** — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Ivannikov Evgenii Olegovich** — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

УДК 628.316.12

***Р. В. Потоловский, В. П. Батманов, А. А. Сахарова, М. Ю. Белгородская,  
А. В. Приходченко, Б. В. Михайлов, Ю. Б. Попов***

***Волгоградский государственный технический университет***

## **РАЗРАБОТКА МАЛООТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ВД-ЛКМ**

Предприятия, выпускающие водно-дисперсионные лакокрасочные материалы, относятся к крупным водопользователям, расходующим воду питьевого назначения на технологические и хозяйственные нужды.

Эффективное использование воды на промышленных предприятиях возможно при наличии единой системы водного хозяйства, включающей водоснабжение, водоотведение, очистку сточных вод, их подготовку для технического водоснабжения, исключающей сброс в водные объекты и городские канализационные сети, дальнейшее использование компонентов — загрязнителей, в качестве вторичного сырья.

На большинстве предприятий отсутствуют замкнутые системы водоснабжения на основе малоотходных технологий, позволяющие не только многократно использовать в производстве очищенную воду, а также выделенные загрязнители в качестве вторичного сырья.

Рассматривается разработка малоотходной технологии очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ как основа повышения экологической безопасности.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** малоотходная безреагентная очистка сточных вод, водно-дисперсионные лакокрасочные материалы, вторичное сырье.

Производство водно-дисперсионных лакокрасочных материалов нуждается в довольно чистой технологической воде в достаточно больших количествах. Почти 70 % воды идет только на процессы промывки оборудования после каждого цикла производства ВД-ЛКМ [1].

Сточные воды предприятий, выпускающие ВД-ЛКМ, отличаются своей специфичностью, многокомпонентностью и дисперсностью основных загрязнителей, что осложняет их очистку и извлечение ценных компонентов. Поэтому главная задача данной работы заключалась в разработке новой, малоотходной, экологически эффективной технологической схемы очистки сточных вод [2]. Наиболее рациональным решением проблемы предотвращения загрязнения окружающей среды, экономии свежей воды на предприятиях, выпускающих ВД-ЛКМ, является оборотное использование очищенной сточной воды в технологических процессах, особенно, в наиболее водоемких — промывки оборудования. Значительно эффективны те технологии очистки, которые предусматривают не только очистку сточной воды, но и учитывают возможность использования выделенных загрязнителей в качестве вторичного сырья.

В соответствии с особенностями состава сточных вод были подобраны оптимальные методы очистки, при этом определены технологические параметры процессов.

Для малоотходной очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ, принципиальная схема которой представлена на рис. 1, предлагается следующая технология:

- 1) первичное отстаивание;
- 2) безреагентное разрушение агрегативной устойчивости;

- 3) вторичное отстаивание;
- 4) доочистка электрохимическим способом;
- 5) вторичное отстаивание.

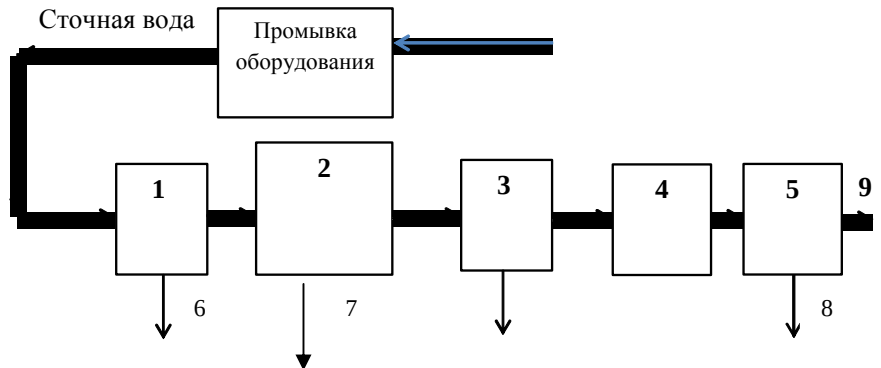


Рис. 1. Принципиальная схема очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ: 1 — первичное безреагентное отстаивание; 2 — безреагентное разрушение агрегативной устойчивости сточных вод (циклическая обработка); 3 — вторичное отстаивание; 4 — электрохимическая очистка; 5 — отстаивание; 6 — выход загрязнений после первичного отстаивания; 7 — удаление загрязнителей после циклической обработки; 8 — удаление продуктов электрохимического окисления и остаточных взвешенных веществ; 9 — отвод очищенной сточной воды

Для очистки сточных вод рекомендуется первичное безреагентное отстаивание всплывающих и оседающих на дно грубодисперсных примесей.

Далее сточная вода попадает на сооружение циклической обработки, где с помощью физических воздействий, а именно охлаждения, нагревания и интенсивного перемешивания, происходит разрушение агрегативной устойчивости тонкодисперсной части загрязнителей.

После вторичного отстаивания выделяется до 95 % взвешенных веществ, которые удаляются и консервируются с целью сохранения влажности коагулята.

Изучение состава и свойств осадка проводилось с целью дальнейшей обработки и использования выделенных загрязнений в качестве вторичного сырья.

Дальнейшим этапом явилась доочистка сточных вод электрохимическим методом с целью повторного использования очищенной воды в оборотном водоснабжении предприятия.

Исходя из состава очищенных сточных вод, следует, что качество воды не уступает технологической воде, рекомендуемой к оборотному использованию на предприятиях лакокрасочной промышленности [3]. В связи с этим очищенную сточную воду можно использовать для промывки оборудования, мойки полов в производственных помещениях, а после дополнительной обработки возможно использование очищенной воды при производстве продукции ВД-ЛКМ.

Предлагаемая принципиальная схема оборотного использования очищенных сточных вод предприятий лакокрасочной промышленности, выпускающих ВД-ЛКМ, представляет собой воссоединение принципиальных схем по очистке сточных вод и обработки их осадков (рис. 2).

Разработанная технология, экономические аспекты которой приведены далее, отличается высокой эффективностью очистки сточных вод предпри-

ятий, выпускающих ВД-ЛКМ, экологической безопасностью и компактностью сооружений.

Интенсификацию процесса промывки, с целью уменьшения удельной нормы водопотребления и тем самым — общего количества воды, можно достичь при повышении температуры промывной воды. Обнаружено, что при повышении температуры на 15 °С скорость реакции возрастает более чем вдвое.

При изменении температуры промывной воды до 40 °С существенно улучшается процесс седиментации взвешенных веществ при первичном отстаивании.

Учитывая вышесказанное, необходимо осуществлять подбор режимов мойки оборудования.

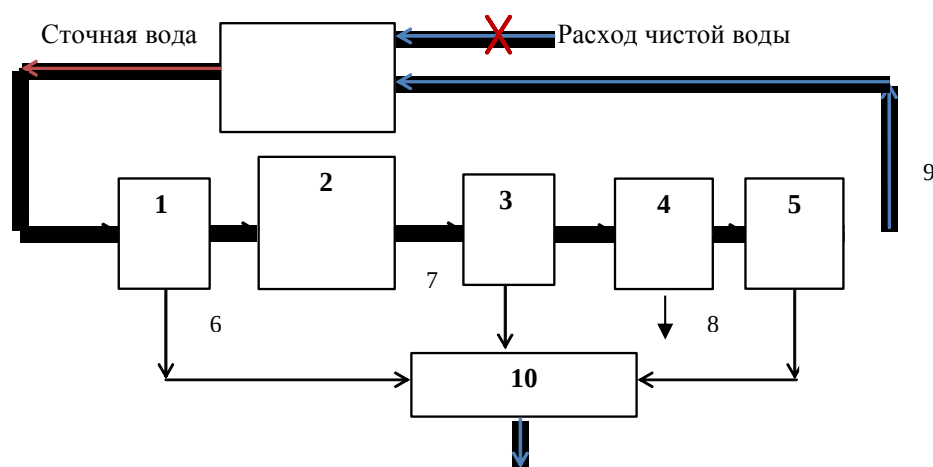


Рис. 2. Принципиальная схема замкнутой системы водоснабжения производства ВД-ЛКМ на основе малоотходной технологии: 1 — первичное безреагентное отстаивание; 2 — безреагентное разрушение агрегативной устойчивости сточных вод (циклическая обработка); 3 — вторичное отстаивание; 4 — электрохимическая очистка; 5 — отстаивание; 6 — выход загрязнений после первичного отстаивания; 7 — удаление загрязнителей после циклической обработки; 8 — удаление продуктов электрохимического окисления и остаточных взвешенных веществ; 9 — подача очищенной воды на промывку оборудования; 10 — сооружение подготовки извлеченных загрязнителей для повторного использования в качестве вторичного сырья

На рис. 3 показана технологическая схема, которая включена в цикл производства ВД-ЛКМ. Сточная вода поступает в отстойник 12, далее на установку по разрушению агрегативной устойчивости 13, затем в электролизер 14 и после отстаивания поступает в бак-накопитель 15. Выделенный осадок от позиций 12, 13 и 14 поступает на установку для подготовки к вторичному использованию.

В целях упрощения аппаратного обеспечения процесса разрушения агрегативной устойчивости и процесса очистки сточных вод в целом, была разработана комбинированная производственная установка.

Установка (рис. 4) работает следующим образом. Сточные воды после бака-отстойника (рис. 5 позиция 4) поступают в баки-отстойники производственной установки.



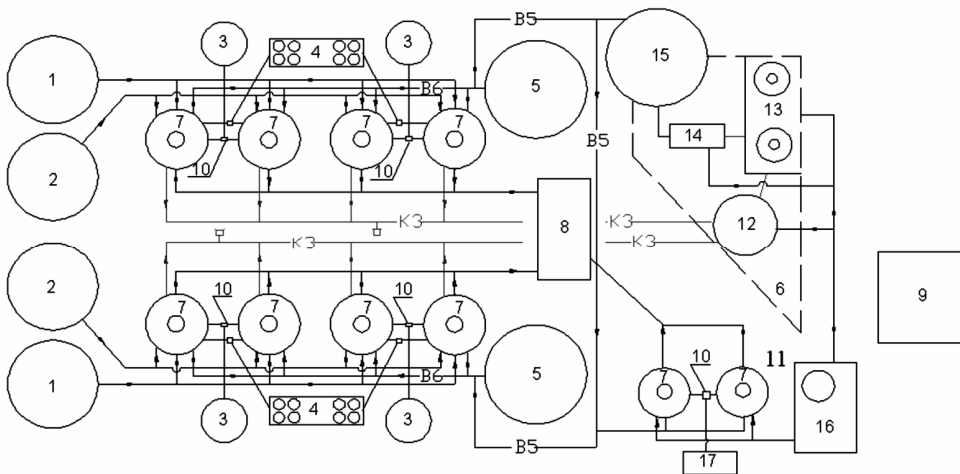


Рис. 3. Технологическая схема по реализации малоотходной технологии очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ: 1, 2 — баки с компонентами — наполнителями; 3 — баки со стирол-акриловой дисперсией; 4 — баки с функциональными добавками; 5 — вода (умягченная) для производства ВД-ЛКМ; 6 — заводские очистные сооружения; 7 — высокоскоростные диссольтеры; 8 — фасовочная линия; 9 — блок управления процессом производства; 10 — дозаторы; 11 — резервные дозаторы; 12 — первичный отстойник; 13 — установка по обработке сточной воды; 14 — электролизер; 15 — бак для очищенной сточной воды; 16 — установка для подготовки загрязнителей к вторичному использованию; 17 — бак с функциональными добавками; B5 — подача очищенной сточной для мойки оборудования; B6 — подача умягченной воды для производства ВД-ЛКМ; КЗ — производственная канализация

После процесса охлаждения часть выпавших в осадок загрязнений может быть удалена. Далее с помощью поворотной кран-балки 1 бак-отстойник переставляют в тепловую установку 10. Однако с целью экономии электроэнергии при нагревании, бак-отстойник может некоторое время находиться на позиции 8. После прогрева сточных вод бак-отстойник выставляется на позицию 8 с целью выделения загрязнителей в процессе оттаивания. Установка работает последовательно: после извлечения первого бака отстойника из камеры охлаждения, тут же загружается второй бак отстойник. Затем из осветленных сточных вод удаляют коагулят и всплывающие примеси. Очищенная сточная вода после первого этапа очистки поступает самотеком в электролизер.

Бак-отстойник (рис. 4) является герметичным, так как вследствие интенсивного перемешивания возможно выплескивание сточных вод. На крышке бака отстойника установлен фильтр, который захватывает токсичные пары при испарении сточных вод в процессе нагрева. Коагулят удаляется из бака-отстойника через патрубок. Всплывающие примеси удаляются вручную специальным скребком.

Технологическая схема малоотходной безреагентной очистки сточных вод от ВД-ЛКМ представлена на рис. 6.

В целом предлагаемая система отличается лаконичностью построения, компактностью и конструктивной простотой примененных аппаратов очистки. Причем, в зависимости от компоновки очистных сооружений, основная аппаратура очистки может быть выполнена по отдельности либо может быть легко скомпонована в одном комбинированном аппарате.

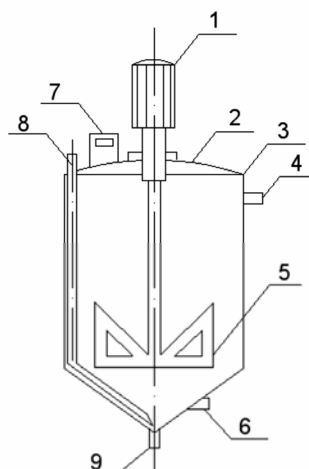


Рис. 4. Конструкция бака-отстойника: 1 — съемный электродвигатель; 2 — герметичная крышка бака отстойника; 3 — корпус бака; 4 — отвод всплывающих примесей; 5 — мешалка; 6 — отвод сточной воды; 7 — фильтр; 8 — патрубок для отвода коагулята; 9 — спуск (для густого коагулята или спуска сточной воды и промывки бака — отстойника)

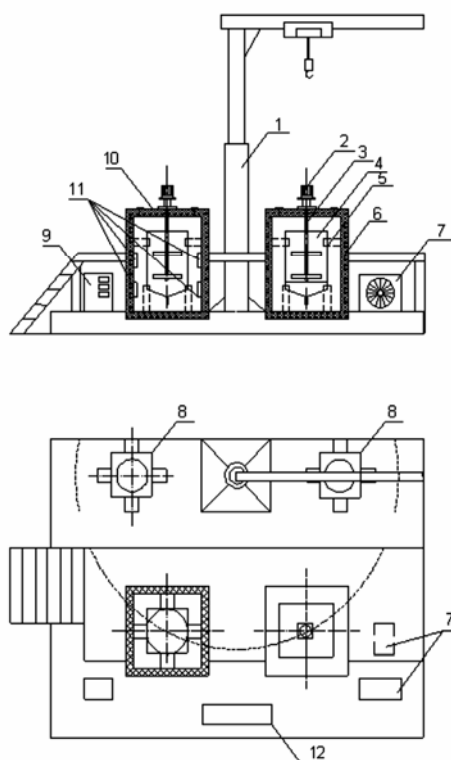


Рис. 5. Конструкция установки для разрушения агрегативной устойчивости сточных вод производства ВД-ЛКМ: 1 — поворотная кран — балка; 2 — съемный электродвигатель; 3 — вал-мешалка; 4 — бак-отстойник; 5 — направляющие элементы для бака-отстойника; 6, 7 — холодильная установка; 8 — наружные крепления для бака-отстойника; 9, 10 — тепловая установка; 11 — инфракрасные лампы; 12 — пульт управления процессом

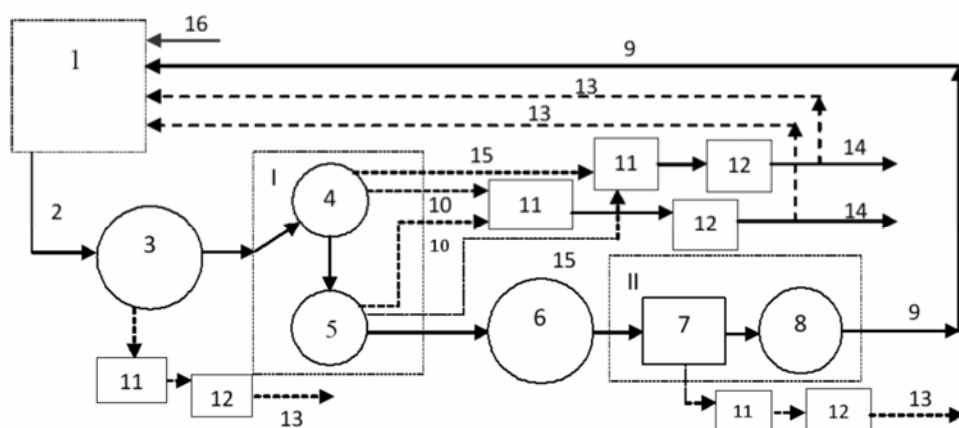


Рис. 6. Технологическая схема малоотходной безреагентной очистки сточных вод от ВД — ЛКМ (общий вид): I этап очистки; II этап очистки; 1 — производство ВД — ЛКМ; 2 — отвод сточных вод; 3 — первичное отстаивание; 4 — разрушение устойчивости компонентов ВД — ЛКМ в сточных водах (понижение температуры, перемешивание); 5 — разрушение устойчивости компонентов ВД — ЛКМ в сточных водах (нагревание, перемешивание); 6 — накопление очищенных сточных вод после I этапа очистки; 7 — очистка сточных вод электрохимическим способом (электролизная установка); 8 — вторичное отстаивание; 9 — возврат очищенной сточной воды на технологические нужды (мойка оборудования); 10 — извлечение всплывающих примесей; 11 — консервирование (хранение); 12 — подготовка для вторичного использования; 13 — возвращение в производство; 14 — применение в других областях (при производстве легких бетонов); 15 — извлечение оседающих примесей; 16 — подпитка чистой водой

### Использование выделенных загрязнителей в качестве вторичного сырья

#### Изучение состава, свойств выделенных загрязнителей из сточных вод производства ВД-ЛКМ

Количество и физические свойства выделенных загрязнителей, получающихся при очистке производственных сточных вод, зависят от начального состава этих вод и способа их очистки; в свою очередь от состава и свойств выделенных загрязнителей зависит способ его дальнейшей обработки и использования в качестве вторичного сырья.

В результате проведения процесса безреагентного разрушения агрегативной устойчивости сточных вод, производства ВД-ЛКМ были выделены загрязнители двух типов (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химический состав выделенных загрязнителей

| Наименование компонента          | Концентрация, г/л | Размер частиц, мкм | Влажность, % |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------|
| Всплывшие примеси                |                   |                    |              |
| Алюмосиликатные полые микросферы | 20,5              | 25...125           | 93           |
| Осадок (коагулят)                |                   |                    |              |
| Стирол-акриловая дисперсия       | 57,0              | 20...50            | 99           |
| CaCO <sub>3</sub>                | 9,3               |                    |              |
| TiO <sub>2</sub>                 | 9,0               |                    |              |

Примечание к табл. 1: химический состав водной части осадка не рассматривался.

Всплывшие примеси представлены крупнодисперсными частицами наполнителя (рис. 7). Загрязнитель был выделен без потери своих физических свойств.

Коагулят (рис. 8) состоит из гелеобразных комочков, которые, при механическом воздействии, разрушаются и становятся более мелкими. В свою очередь комочки образованы стирол-акриловым связующим, который в процессе очистки сточных вод укрупнялся и захватывал частички наполнителей ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ). Таким образом, в составе гелеобразных комочков коагулята находятся стирол-акриловое связующее и частицы наполнителя. Так же в составе коагулята есть и свободные частицы наполнителя, которые были выделены с помощью другого механизма осаждения (не захватывались полимерными частицами, которые образовали агрегаты).



Рис. 7. Выделенные алюмосиликатные полые микросферы

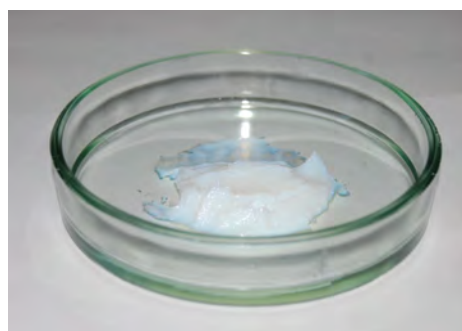


Рис. 8. Образовавшийся коагулят (стирол-акриловое связующее и не более 10 % алюмосиликатные полые микросферы)

В структуре осадка влага находится в форме свободной воды, т. е. имеет наименьшую энергию связи со структурой осадка и легко может быть из него удалена. Однако обезвоживание осадка запускает механизм пленкообразования стирол-акрилового связующего, что не дает возможность использовать выделенный загрязнитель с учетом его полезных свойств.

Основным свойством стирол-акрилового связующего является его способность к пленкообразованию [4], т. е. формированию твердого покрытия. Под пленкообразованием понимается процесс слипания частиц дисперсной фазы при удалении дисперсной среды, например, в результате испарения, с образованием однофазной сплошной пленки. Этот процесс по своей природе имеет много общего с обычной коагуляцией дисперсии, вследствие разрушения ее стабилизирующей системы [5—9].

#### ***Разработка рекомендаций по использованию выделенных компонентов в качестве вторичного сырья***

В результате предварительной обработки была получена устойчивая стирол-акриловая дисперсия, которая может применяться в качестве связующего при производстве лакокрасочных материалов по известным рецептурам [10—12].

Знание свойств покрытий необходимо для правильного определения областей их применения, поэтому нами были предложена рецептура ВД-ЛКМ и выявлены основные свойства покрытия.

Для создания краски выбрана типовая рецептура (табл. 2) ВД-ЛКМ для внутренних работ. Процесс производства был строго регламентирован [12].

Т а б л и ц а 2

*Типовая рецептура ВД-ЛКМ*

| Компонент                               | Вид сырья                                               | Общее кол-во,<br>% (по массе) |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Пленкообразователь                      | Стирол-акриловое связующее                              | 40                            |
| Наполнители                             | Мел (кальцит)<br>Диоксид титана<br>Полие микросферы     | 30                            |
| Функциональные<br>добавки<br>(суммарно) | Диспергатор<br>Консервант<br>Коалесцент<br>Пеногаситель | 5                             |
| Другие                                  | Вода                                                    | 25                            |
| Всего:                                  |                                                         | 100                           |

Испытания водно-дисперсионных лакокрасочных материалов, нанесенных на поверхность подложки, (рис. 9) были проведены по стандартным методам [13, 14].

В табл. 3 приведены важнейшие свойства ВД-ЛКМ в сравнении с контрольным образцом (эталонном).

Т а б л и ц а 3

*Свойства водно-дисперсионной краски на основе выделенного из сточных вод стирол-акрилового связующего*

| Свойство           | ВД-ЛКМ<br>(на основе выделенного<br>из сточных вод стирол-<br>акрилового связующего) | ВД-ЛКМ<br>(контрольный образец) |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Адгезия            | +                                                                                    | ++                              |
| Проницаемость      | —                                                                                    | —                               |
| Эластичность       | ++                                                                                   | +++                             |
| Атмосферостойкость | —                                                                                    | ++                              |
| Ремонтируемость    | +++                                                                                  | +++                             |
| Укрывистость       | +                                                                                    | ++                              |

Примечание к табл. 3: — низкое значение, + удовлетворительное, ++ хорошее, +++ очень хорошее.

Исходя из полученных данных, краску на основе выделенного из сточных вод стирол-акрилового связующего можно рекомендовать в строительной индустрии при производстве ВД-ЛКМ. Рекомендациями по применению являются: использование только на шероховатых поверхностях и во внутренних помещениях.

Другими загрязнителями, выделенными при очистке сточных вод от ВД-ЛКМ, являются алюмосиликатные полые микросферы. Как отмечалось ранее, сферы не теряют своих физических свойств, не разрушаются. Данный факт

позволяет использовать их повторно в производстве ВД-ЛКМ, а так же при создании легких бетонов строительства и теплоизоляционных материалов.

Таким образом, на основании изученного состава и свойств выделенных загрязнений даны рекомендации по обработке и использованию их в качестве вторичного сырья [15].

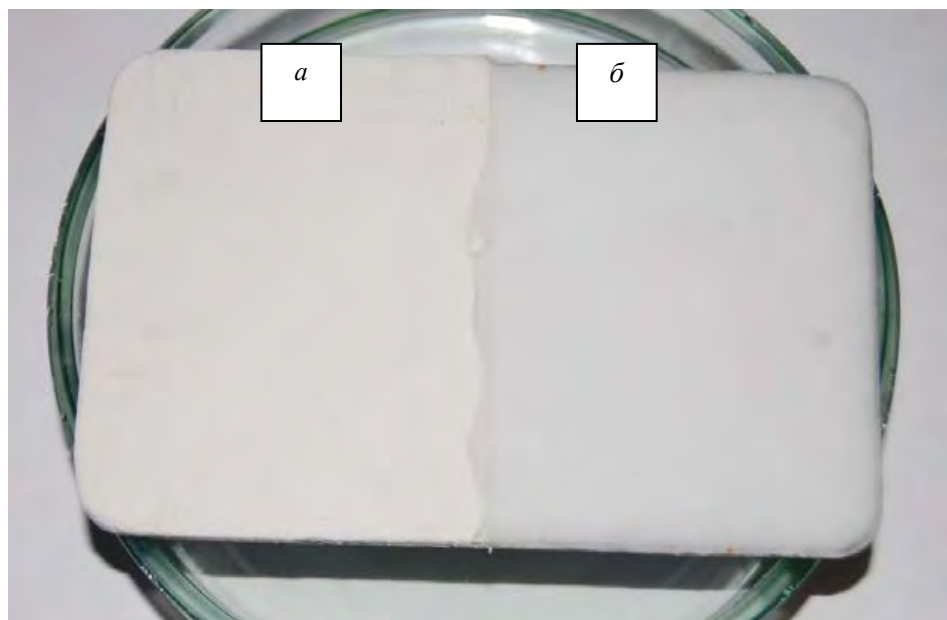


Рис. 9. Лакокрасочные материалы, нанесенные на подложку: *а* — контрольный образец; *б* — краска на основе выделенного из сточных вод стирол-акрилового связующего)

На основании полученных данных предлагается принципиальная схема обработки, использования осадка и всплывающих примесей (рис. 10).

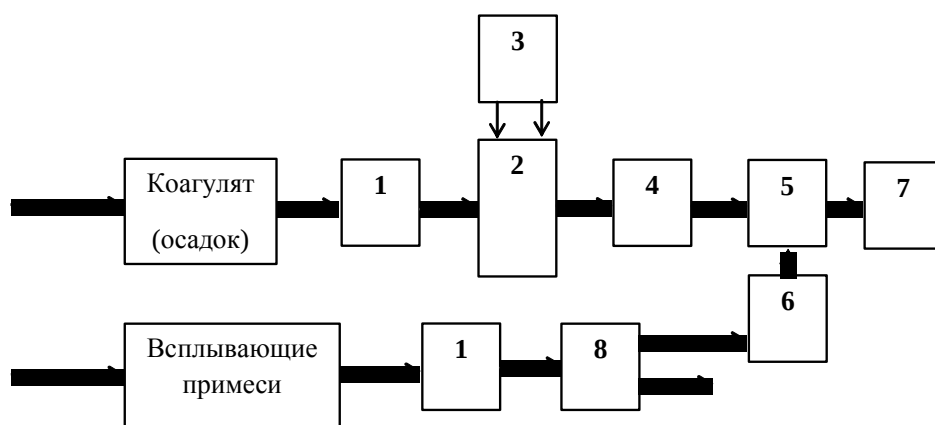


Рис. 10. Принципиальная схема обработки, использования осадка и всплывающих примесей: 1 — бак для консервации; 2 — бисерная мельница; 3 — дозатор со стабилизаторами; 4 — бак для повторной консервации; 5 — высокоскоростной диссольтер; 6 — баки с функциональными добавками и наполнителями; 7 — бак с готовой продукцией; 8 — сооружение для обезвреживания

Схема реализуется следующим образом. После извлечения из сточных вод осадок консервируется во избежание потери влаги. При накоплении определенных объемов осадки поступают в бисерную мельницу, где происходит уменьшение агрегатов и стабилизация дисперсии. Далее происходит повторная консервация и промежуточный анализ полученной дисперсии (определение стабилизационных свойств) [16]. Следующим этапом является производство краски, а именно, смешивание компонентов и их диспергирование. Заключительным этапом является фасовка готовой продукции и испытание полученной краски по стандартным методам [17].

Всплывающие примеси консервируются. При накоплении необходимых объемов отправляются на обезвоживание и далее могут применяться в качестве наполнителя при производстве ВД-ЛКМ или в другой области [18—21].

#### **Выводы:**

1. Установлено, что оптимальными условиями доочистки сточных вод от компонентов ВД-ЛКМ постоянным электрическим током являются: материал электродов — нержавеющая сталь, плотность тока —  $0,63 \text{ А/дм}^2$ , величина pH — 6,9...7,5, температура — 20...22 °С, время обработки — 6...7 мин.

2. Выявлены свойства выделенных загрязнителей — компонентов ВД-ЛКМ, которые после предварительной стабилизации (восстановлении первоначальных свойств) могут быть использованы в качестве вторичного сырья.

3. Разработанная безреагентная малоотходная технология очистки сточных вод от ВД-ЛКМ позволяет более 70 % очищенной воды возвратить на повторное использование; полностью исключить образование отходов при очистке, компоненты-загрязнители перевести в разряд вторичного сырья для использования в строительной индустрии.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Гандурина Л. В. Органические флокулянты в технологии очистки природных и промышленных сточных вод и обработки осадка. Аналитический обзор. М.: ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», 2002. 74 с.
2. Проблемы создания безотходных производств / Б. Н. Ласкорин, Б. В. Громов, А. П. Цыганков, В. Н. Семин. М.: Стройиздат, 1981. 207 с.
3. Алферова Л. А., Нечаев А. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М.: Стройиздат, 1984. 272 с.
4. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. 448 с.
5. Верхованцев В. В. Водные краски на основе синтетических полимеров. М.: Химия, 1968. 200 с.
6. Дой М., Эдвардс С. Динамическая теория полимеров. Пер. с англ. М.: Мир, 1998. 440 с.
7. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / пер. с нем. Л.: Химия, 1973. 152 с.
8. Коагуляционные контакты в дисперсных системах / В. В. Яминский, В. А. Пчелин, Е. А. Амелина, Е. Д. Щукин. М.: Химия, 1982. 185 с.
9. Poulson D. J., Jondahl K. E. Application of membrane technology for the recovery and reuse of water // Future Water Reuse. Proc. 3-rd Symp. San Diego, Calif. Aug. 26—31, 1984. Vol. 2. 1985. Pp. 1371—1395.
10. Мюллер Б., Пот У. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур / пер. с нем. М.: ООО «Пэйнт-Медиа», 2007. 237 с.
11. Щукин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия: учебник. М.: Высш. шк., 2004. 445.
12. Казакова Е. Е., Скороходова О. Н. Водно-дисперсионные лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Пейнт-Медиа, 2003. 136 с.

13. Сырье и полупродукты для лакокрасочных материалов: Справочное пособие / под ред. М. М. Гольдверга. М.: Химия, 1987. 512 с.
14. *Лившиц М. Л., Пииялковский Б. И.* Лакокрасочные материалы: справочное пособие. М.: Химия, 1982. 360 с.
15. *Пульгунов П. П., Сумароков М. В.* Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат, 1990. 352 с.
16. *Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г.* Химия и технология пленкообразующих веществ: учебник для вузов. М.: Химия, 1989. 480 с.
17. *Ляликов Ю. С.* Физико-химические методы анализа. М.: Химия, 1973. 536 с.
18. К вопросу о механизме устойчивости компонентов вододисперсных лакокрасочных материалов в сточных водах / Е. В. Москвичева, А. В. Москвичева, Р. В. Потоловский, Д. О. Игнаткина, З. К. Ибрагимова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 37(56). С. 170—177.
19. Совершенствование системы оборотного водоснабжения предприятий лакокрасочного производства / А. А. Сахарова, Е. В. Москвичева, Р. В. Потоловский, М. А. Самойленко, Д. О. Игнаткина // Альманах-2013. Юбилейный выпуск. Волгоград: ВолГУ, 2013. С. 97—103.
20. Способ повышения надежности функционирования систем водного хозяйства / А. А. Сахарова, Ю. И. Олянский, А. А. Болеев, Д. О. Игнаткина, П. Ф. Юрин, А. А. Войтюк // Интернет-вестник ВолГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). Ст. 39. URL: [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru)
21. *Потоловский Р. В.* Малоотходная безреагентная технология очистки сточных вод от водно-дисперсионных лакокрасочных материалов // Водочистка. 2014. № 9. С. 46—56.

© Потоловский Р. В., Батманов В. П., Сахарова А. А., Белогородская М. Ю., Приходченко А. В., Михайлов Б. В., Попов Ю. Б., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Разработка малоотходной технологии очистки сточных вод производства ВД-ЛКМ / Р. В. Потоловский, В. П. Батманов, А. А. Сахарова, М. Ю. Белогородская, А. В. Приходченко, Б. В. Михайлов, Ю. Б. Попов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 282—294.

Об авторах:

**Потоловский Роман Валерьевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [potolovski@ro.ru](mailto:potolovski@ro.ru)

**Батманов Виктор Павлович** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (ВолГАСУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [vbatmanov@mail.ru](mailto:vbatmanov@mail.ru)

**Сахарова Анастасия Андреевна** — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Белогородская Марина Юрьевна** — старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Приходченко Анна Владимировна** — старший преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Михайлов Богдан Владимирович** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Попов Юрий Борисович** — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)



**R. V. Potolovskii, V. P. Batmanov, A. A. Sakharova, M. Yu. Belogorodskaya,  
A. V. Prikhodchenko, B. V. Mikhailov, Yu. B. Popov**

## **THE DEVELOPMENT OF LOW-WASTE TECHNOLOGY OF WASTE WATER TREATMENT OF WD-PWM**

Companies producing water-dispersion paint work materials are major water users that consume drinking water for process and economic needs.

The efficient water use at enterprises is possible if there is a single system of water management, including water supply, sewerage, waste water treatment, their conditioning for process water supply, eliminating the discharge into water reservoirs and urban sewage networks, further use of the components - pollutants as secondary raw materials.

At most enterprises there are no closed-circuit water supply systems based on low-waste technologies allowing to re-use not only purified water in the production, but also the selected pollutants as secondary raw materials.

The article discusses the development of low-waste sewage treatment technologies of VD-PWM as the basis of increase in ecological safety.

**Key words:** low- non-chemical waste water treatment, water-dispersion paintwork materials, secondary raw materials.

### **REFERENCES**

1. Gandurina L.V. *Organicheskie flokulyanty v tekhnologii ochistki prirodnnykh i promyshlennykh stochnykh vod i obrabotki osadka. Analiticheskii obzor* [Organic flocculants in the technology of natural and industrial waste water purification and sludge treatment. Analytical review]. Moscow, CJSC DAR/VODGEO, 2002. 74 p.
2. Laskorin B. N., Gromov B. V., Tsygankov A. P., Semin V. N. *Problemy sozdaniya bezotkhodnykh proizvodstv* [Problems of development of non-waste production]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1981. 207 p.
3. Alferova L. A., Nechaev A. P. *Zamknutyie sistemy vodnogo khozyaistva promyshlennykh predpriyatii, kompleksov i raionov* [Closed-circuit systems of water management at enterprises, in complexes and districts]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1984. 272 p.
4. Yakovlev A. D. *Khimiya i tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytii* [Chemistry and technology of paint coatings: tutorial for institutions of higher education]. Saint-Petersburg, KhIMIZDAT Publ., 2008. 448 p.
5. Verkholantsev V. V. *Vodnye kraski na osnove sinteticheskikh polimerov* [Water-based paints based on synthetic polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1968. 200 p.
6. Doy M., Edwards S. *Dinamicheskaya teoriya polimerov* [Dynamic polymer theory]. Moscow, Mir Publ., 1998. 440 p.
7. Zontag G. *Koagulyatsiya i ustoichivost' dispersnykh sistem* [Coagulation and stability of disperse systems]. Leningrad, Khimiya Publ., 1973. 152 p.
8. Yaminskii V. V., Pchelin V. A., Amelina E. A., Shchukin E. D. *Koagulyatsionnye kontakty v dispersnykh sistemakh* [Coagulative contacts in disperse systems]. Moscow, Khimiya Publ., 1982.. 185 p.
9. Poulson D. J., Jondahl K. E. Application of membrane technology for the recovery and reuse of water. *Future Water Reuse*. Proc. 3-rd Symp. San Diego, Calif. Aug. 26—31, 1984. Vol. 2. 1985.. Pp. 1371—1395.
10. Müller B., Pott U. *Lakokrasochnye materialy i pokrytiya. Printsipy sostavleniya retseptur* [Paintwork materials and coatings. Principles of formulation]. Moscow, LLC Paint-Media, 2007. 237 p.
11. Shchukin E. D., Pertsov A. V., Amelina E. A. *Kolloidnaya khimiya* [Colloidal chemistry]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2004. 445 p.
12. Kazakova E. E., Skorokhodova O. N. *Vodno-dispersionnye lakokrasochnye materialy stroitel'nogo naznacheniya* [Water-dispersion paintwork materials of construction purpose]. Moscow, Paint-Media, 2003. 136 p.
13. Gol'dverg M. M. (ed.). *Syr'e i poluprodukty dlya lakokrasochnykh materialov* [Raw materials and semi-finished products for paintwork materials]. Moscow, Khimiya Publ., 1987. 512 p.

14. Livshits M. L., Pshiyalkovskii B. I. *Lakokrasochnye materialy* [Paintwork materials]. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 360 p.
15. Pul'gunov P. P., Sumarokov M. V. *Utilizatsiya promyshlennykh otkhodov* [Industrial waste disposal]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1990. 352 p.
16. Sorokin M. F., Kochnova Z. A., Shode L. G. *Khimiya i tekhnologiya plenkoobrazuyushchikh veshchestv* [Chemistry and technology of film-forming substances]. Moscow, Khimiya Publ., 1989. 480 p.
17. Lyalikov Yu. S. *Fiziko-khimicheskie metody analiza* [Physical and chemical analysis methods]. Moscow, Khimiya Publ., 1973. 536 p.
18. Moskvicheva E. V., Moskvicheva A. V., Potolovskii R. V., Ignatkina D. O., Ibragimova Z. K. [To the question on the mechanism of stability of components of water-disperse paint materials in wastewater]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, iss. 37(56), pp. 170—177.
19. Sakharova A. A., Moskvicheva E. V., Potolovskii R. V., Samoilenko M. A., Ignatkina D. O. [Improvement of the system of recycled water supply of paintwork material entities]. *Al'manakh-2013. Yubileinyi vypusk* [Almanac-2013. Anniversary issue]. Volgograd, VolSU Publ., 2013. Pp. 97—103.
20. Olyanskiy Y. I., Bolev A. A., Sakharova A. A., Ignatkina D. O., Yurin P. F., Voytyuk A. A. [The way to increase reliability of water carriage system functioning]. *Internet-Vestnik VolGASU*, 2013, 2(27), paper 39. URL: [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru)
21. Potolovskiy R. V. [Low-waste reagentless technology for sewage purification from water-borne paint materials]. *Vodoochistka* [Waste water treatment], 2014, no. 9, pp. 46—56.

*For citation:*

Potolovskii R. V., Batmanov V. P., Sakharova A. A., Belogorodskaya M. Yu., Prihodchenko A. V., Mikhailov B. V., Popov Yu. B. [The development of low-waste technology of waste water treatment of WD-PWM]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 282—294.

*About authors:*

**Potolovskii Roman Valer'evich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [potolovski@ro.ru](mailto:potolovski@ro.ru)

**Batmanov Viktor Pavlovich** — Doctor of Medical Science, Professor of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ybatmanov@mail.ru](mailto:ybatmanov@mail.ru)

**Sakharova Anastasiya Andreevna** — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Belogorodskaya Marina Yur'evna** — Senior lecturer of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Prihodchenko Anna Vladimirovna** — Senior lecturer of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Mikhailov Bogdan Vladimirovich** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Popov Yuri Borisovich** — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

УДК 502.51:504.5:656 (470.45-25)

**О. П. Радченко, Е. В. Москвичева, Д. П. Клочков**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА**

Приводится классификация предприятий-загрязнителей, которые разделяются по составу загрязнений поверхностного стока, формирующегося на промышленных площадках и близлежащих территориях. Рассматриваются автотранспортные предприятия, загрязняющие окружающую среду вредными веществами. Определены состав и количество загрязняющих веществ в сточных водах автотранспортных предприятий города Волгограда. Представлены на карте-схеме точки отбора проб поверхностного стока в черте города Волгограда. Представлена диаграмма выпавшего осадка, преимущественно из взвешенных веществ. Даются рекомендации по внедрению на автотранспортных предприятиях локальных очистных сооружений для сточных вод от мойки подвижного состава, где представляется возможным производить очистку и поверхностного стока, при условии его предварительного сбора в регулирующем резервуаре.

**Ключевые слова:** сточная вода, автотранспорт, автотранспортные предприятия, поверхностный сток, группы предприятий, загрязняющие вещества, дождевой сток, талый сток, взвешенные вещества, нефтепродукты, очистка сточных вод, оборотное водоснабжение, предельно допустимые концентрации (ПДК), водоемы рыбохозяйственного назначения, гранулометрический состав осадка.

Экологический кризис, связанный с загрязнением водных ресурсов, охвативший многие регионы страны, в значительной степени затронул и территорию бассейна Волги, издавна являющуюся национальным, духовным, экономическим и культурно-историческим ядром Российского государства. Одной из главных проблем является загрязнение водных объектов сточными водами промышленных предприятий. По данным Росводресурсов (Социально-экономические показатели Российской Федерации. 1991—2013 гг.) сброс сточных вод в среднем по России составляет около 40,9 млрд м<sup>3</sup>/год, в том числе без очистки или недостаточно очищенных.

Большой ущерб окружающей среде среди других промышленных предприятий наносят автотранспортные, которых на территории Волгоградской области насчитывается более 40 (<http://www.orgpage.ru>).

В данной статье анализируется характер и количество загрязняющих веществ, которые образуются в поверхностном стоке автотранспортных предприятий города Волгограда, а также рекомендуются пути решения проблемы поверхностных сточных вод.

В зависимости от состава примесей, накапливающихся на промышленных площадках и смываемых поверхностным стоком, предприятия и отдельные их территории можно разделить на две группы:

К первой группе относятся предприятия и производства, сток с территории которых по составу примесей близок к поверхностному стоку с сельских территорий и не содержит специфических веществ с токсичными свойствами. Основными примесями, содержащимися в стоке с территории предприятий первой группы, являются грубодисперсные примеси, нефтепродукты, сорбированные, главным образом, на взвешенных веще-

ствах, минеральные соли и органические примеси естественного происхождения. К данной группе относятся предприятия черной металлургии (за исключением коксохимического производства), машино- и приборостроительной, нефтяной, легкой, пищевой промышленности, серной и содовой подотраслей химической промышленности, энергетики, автотранспортные предприятия, речные порты, ремонтные заводы, а также отдельные производства нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических и других предприятий, на территорию которых не попадают специфические загрязняющие вещества.

Ко второй группе относятся предприятия, на которых по условиям производства не представляется возможным в полной мере исключить поступление в поверхностный сток специфических веществ с токсичными свойствами или значительного количества органических веществ, обуславливающих высокие значения показателей «химическое потребление кислорода» (далее ХПК) и «биологическое потребление кислорода за 20 суток» (далее БПК<sub>20</sub>) стока<sup>1</sup> [1]. К ним относятся предприятия цветной металлургии, коксохимического производства, бытовой химии, целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей, производства химической и электрохимической обработки поверхностей металлов (гальванические производства), окрасочные производства, производства синтетических моющих средств (СМС).

Автотранспортные предприятия по составу загрязняющих веществ, поступающих в поверхностные сточные воды, относят к первой группе предприятий, стоки которых загрязнены преимущественно нефтепродуктами и взвешенными веществами [2, 3]. Основными источниками формирования поверхностных сточных вод являются дождевые и талые стоки.

На территории города Волгограда проводились исследования по изучению загрязнений, содержащихся в дождевом стоке (октябрь-ноябрь) и в талом стоке (март-апрель). Места отбора проб представлены на рис. 1, выделенные на карте точки – это действующие автотранспортные предприятия г. Волгограда.

Пробы снега отбирались преимущественно около производственных зданий (складов горюче-смазочных материалов, стоянок автомобилей). Отбор проб осуществлялся с помощью пробоотборника, представляющего собой програвдуированный отрезок трубы диаметром 50 мм и длиной 1,2 м. Объем полученного талого снега подвергался таянию при  $t = 15...20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Исходя из специфики рельефов и почв города Волгограда, можно представить следующие значения усредненной концентрации загрязняющих веществ дождевого и талого стоков автотранспортных предприятий.

Наиболее высокая концентрация загрязнений содержится в талом стоке, сформированном на территории автотранспортных предприятий. Так, при средней глубине снега на территории в 8...30 см количество взвешенных веществ в талом стоке может составлять до 6000 мг/л, нефтепродуктов до 250...300 мг/л, ХПК — 120...900 мг  $\text{O}_2$ /л, pH — 8,6...9,9 [4].

<sup>1</sup> Постановление Правительства Российской Федерации от 19 декабря 1996 г. № 1504 «О порядке разработки и утверждения нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты».

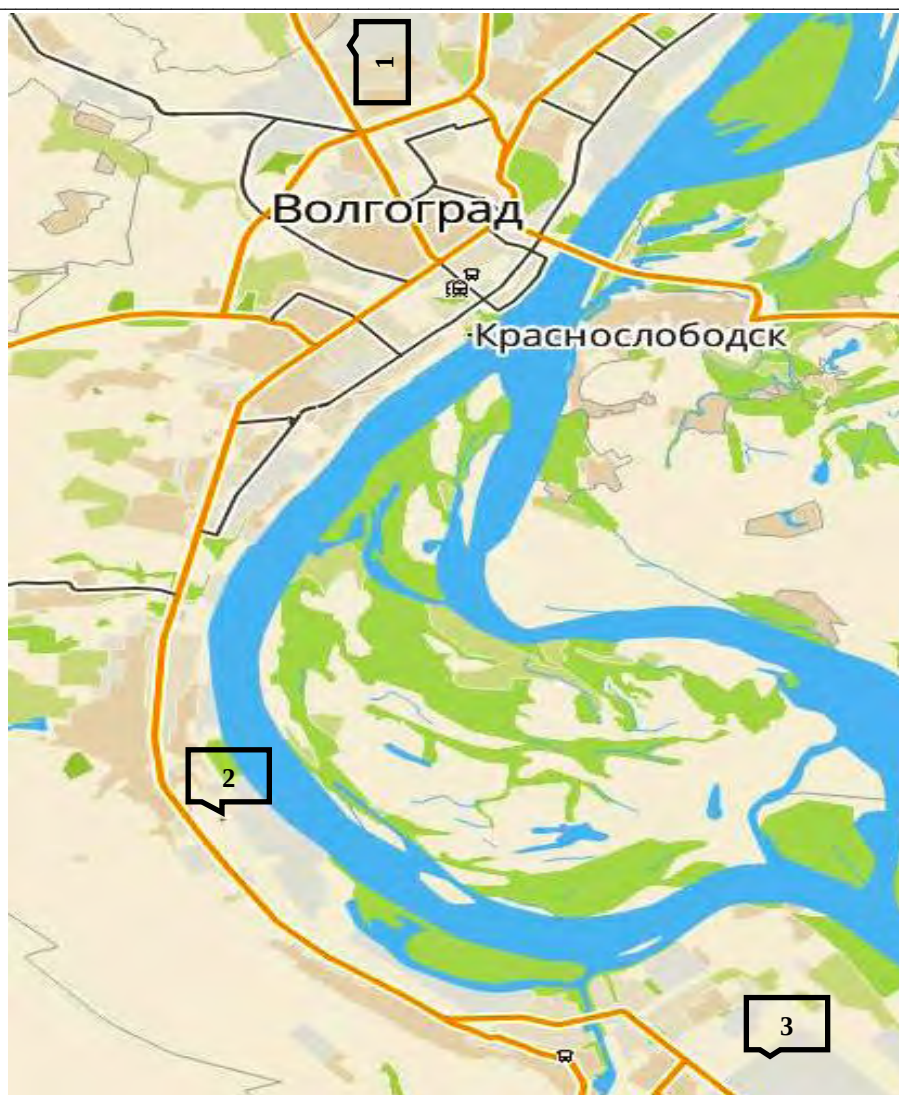


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб поверхностного стока в г. Волгограде

|                           | Дождевой сток | Талый сток |
|---------------------------|---------------|------------|
| Взвешенные вещества, мг/л | 1650          | 3100       |
| Нефтепродукты, мг/л       | 90            | 250        |

Взвешенные вещества автопредприятий представлены преимущественно песком разной степени дисперсности, пылью, частичками глины, мелкими частичками асфальта и камней. Зачастую характер загрязнений определяется составом почв и грунтов того региона, в котором эксплуатируются транспортные средства, так, например, в Волгограде и Волгоградской области преобладают супесчаные, легко- и среднесуглинистые почвы, а также насыпные, перемешанные и технические грунты [5]. Исходя из этого, можно сказать о том, что в поверхностном стоке автотранспортных предприятий будут преобладать загрязнения преимущественно песчано-глинистого характера с наличием частиц техногенного происхождения.

Исследования состава осадка поверхностного стока, образующегося в результате отстаивания, проводились со сточными водами автопредприятий города Волгограда, места расположений которых представлены на рис. 1.

Было установлено, что в процессе осветления сточных вод на дно отстойника выпадает слой, состоящий из грубодисперсных и глинистых частиц, количество которых представлено в табл. 1.

Таблица 1

*Усредненное количество осадка, образующегося в результате отстаивания на предприятиях города Волгограда*

| Вид осадка                       | Усредненное количество осадка, % |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Мелкие камешки, кусочки асфальта | 6,0                              |
| Крупный и средний песок          | 13,5                             |
| Мелкий песок                     | 26                               |
| Глинистые частицы                | 45,5                             |
| Всего                            | 100,0                            |

Для наглядности представим соотношение количества осадка и его качество в виде диаграммы для трех автотранспортных предприятий города Волгограда.

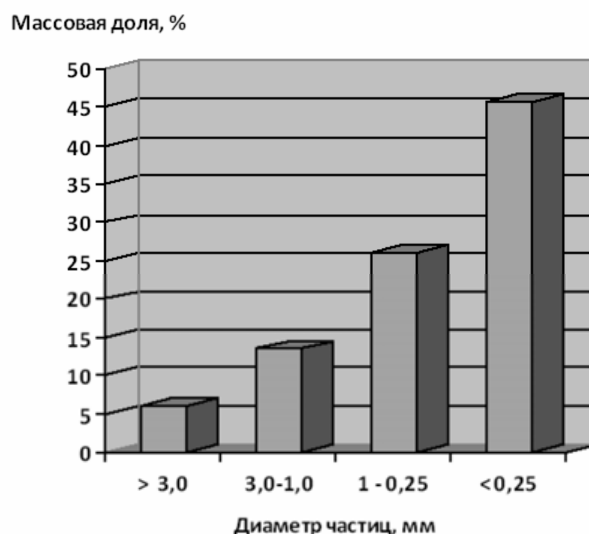


Рис. 2. Соотношение количества и вида осадка, образующегося на предприятиях города Волгограда

Как показали исследования, концентрация загрязнений в дождевом и талом стоке велика, что губительно может отразиться на экологии. Для предотвращения загрязнения водных объектов талым стоком с территорий автотранспортных предприятий, а также с населенных пунктов с развитой сетью автомобильных дорог и интенсивным движением транспорта в зимний период необходимо предусматривать организацию уборки и вывоза снега с депонированием на «сухих» снегосвалках или его сброс в снеготопильные камеры с последующим отводом талых вод в канализационную сеть [6]. Кроме

того, необходимо внедрение на промышленных предприятиях, в частности на автотранспортных, локальных очистных сооружений, которые будут обеспечивать процесс очистки поверхностных сточных вод, при условии предварительного сбора их в регулирующем резервуаре.

Вследствие того, что автотранспортные предприятия относятся к первой группе, чьи стоки не содержат специфических веществ с токсичными свойствами, допускается отвод их в дождевую сеть города (водосток) без предварительной очистки [7], при условии наличия в системе города локальных очистных сооружений и с согласования с органами водоканала.

При сбросе сточных вод в водные объекты необходимая их степень очистки должна отвечать требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», «Правил санитарной охраны прибрежных вод и морей»<sup>2</sup> [8].

Анализ и сравнение данных из различных сайтов (<http://www.bibliotekar.ru/>, [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org), [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.ebsco.com](http://www.ebsco.com), [www.jstor.org](http://www.jstor.org), [www.journals.cambridge.org](http://www.journals.cambridge.org)) дает возможность говорить о различных требованиях, предъявляемых к воде рыбохозяйственного значения для разных стран мира ([www.cceol.com](http://www.cceol.com)), которые приведены ниже в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

*Требования к качеству воды рыбохозяйственного значения для разных стран мира*

| Показатель                                  | Франция                      | Германия        | Англия и Уэльс | Италия | Испания | Португалия | Россия      |
|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|--------|---------|------------|-------------|
| ХПК, мгО/л                                  | 150                          | 400             | —              | 160    | —       | 150        | ≤15         |
| БПК <sub>полн</sub> , мгО/л                 | 70                           | 150             | —              | 80     | —       | 70         | ≤3          |
| Нефтепродукты, мг/л                         | 5                            | 0,1             | 0,1            | 5      | 20—40   |            | 0,05        |
| Взвешенные вещества, мг/л                   | —                            | —               | 50             | —      | —       | 60         | 0,25...0,75 |
| Общее содержание                            | без ограничений по сульфатам | без ограничений | —              | —      | —       | —          | —           |
| Суммарное содержание ионов тяжелых металлов | 15                           | без ограничений | —              | —      | 3       | 15–20 мг/л | —           |
| СПАВ, мг/л                                  | —                            | —               | —              | —      | —       | —          | 0,1...0,2   |
| рН                                          | —                            | —               | —              | —      | —       | —          | 6,5...8,5   |
| Окраска, см                                 | —                            | —               | —              | —      | —       | —          | —           |
| Запах, балл                                 | —                            | —               | —              | —      | —       | —          | ≤1          |

Как показали исследования, в России по СанПиН 4630—88 основополагающим значением для оценки качества водных объектов являются предельно допустимые концентрации рыбохозяйственного значения (ПДК рыб. хоз.),

<sup>2</sup> ВСН 01-89. Министерство автомобильного транспорта РСФСР/ Ведомственные строительные нормы предприятия по обслуживанию автомобилей. 1989 ; СНиП 2.04.02—84, 2.04.03—85, 2.04.01—85.

в то время как в других странах основополагающими факторами являются наилучшие доступные технологии очистки, в зависимости от которых устанавливаются эталоны показателей, которые соответствуют состоянию реки в естественном состоянии. В конечном итоге намечаются мероприятия доведения показателей качества воды к соответствующему естественному состоянию, поэтому такие показатели, как ПДК у них отсутствуют (СанПиН 2.1.5.980-00; ГН 2.1.5.1315-03(ПДК), ГН 1316-03(ОДУ)).

В настоящее время все реки России имеют рыбохозяйственное значение, и требования к промышленным предприятиям ужесточились. Так, в соответствии с требованиями настоящих санитарных правил, осуществляется государственный санитарно-эпидемиологический надзор и производственный контроль не только за качеством воды водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования, но и за составом сточных вод. Перечень нормируемых показателей, характеризующих качество стоков для автотранспортных предприятий при их отведении в водные объекты, представлен в табл. 3 [9].

Т а б л и ц а 3

*Обязательный перечень нормируемых и контролируемых показателей состава сточных вод для автотранспортных предприятий*

| № п/п | Наименование органолептических показателей качества сточных вод | Единица измерения   |
|-------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1     | Температура                                                     | °С                  |
| 2     | Запах                                                           | балл                |
| 3     | Цветность                                                       | градус              |
| 4     | Прозрачность                                                    | см                  |
| 5     | рН                                                              |                     |
| 6     | ХПК                                                             | мгО/дм <sup>3</sup> |
| 7     | БПК <sub>5</sub>                                                | мгО/дм <sup>3</sup> |
| 8     | Взвешенные вещества                                             | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 9     | Сухой остаток                                                   | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 10    | Хлориды                                                         | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 11    | Сульфаты                                                        | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 12    | Фосфаты (по Р)                                                  | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 13    | Азот аммонийный                                                 | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 14    | Фенол                                                           | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 15    | СПАВ (анион.)                                                   | мг/дм <sup>3</sup>  |
| 16    | Нефтепродукты                                                   | мг/дм <sup>3</sup>  |

Очистка сточных вод проводится с целью устранения вредных и опасных свойств, которые могут привести к пагубным последствиям для окружающей среды. Применение различных технологий направлено на эффективную очистку сточных вод и рациональное использование отработанных материалов. Таким образом, выбор технологии очистки и оборудования зависит в первую очередь от свойств сточных вод, от их отклонений от требуемых свойств природных вод [10].

На автотранспортных предприятиях зачастую применяют механические, химические, физико-химические и биологические методы очистки



[1]. На сегодняшний день в большинстве способов предлагается осуществлять оборотное водоснабжение. Эти способы позволяют повторно использовать 90...95 % исходной воды и обеспечить бессточный цикл мойки автомобилей.

Для оптимизации процесса авторами данной статьи предлагается локально проводить очистку поверхностных сточных вод совместно со стоками от мойки автотранспорта, используя технологическую линию очистки, состоящую из отстойника и адсорбера. В качестве сорбента предлагается использовать природный материал — опоку. Отработанный сорбционный материал рекомендовано применять в строительной технологии и в дорожном хозяйстве, тем самым обеспечивая безотходное производство.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М., 1998.
2. Голубев И. Р., Новиков Ю. В. Окружающая среда и транспорт. М.: Транспорт, 1987. 207 с.
3. Радченко О. П. Очистка сточных вод на автотранспортных предприятиях // Научная перспектива. 2011. № 10. С. 91—92.
4. Исследование состава стока после мойки грузового автотранспорта и технологическая схема очистки в системе оборотного водоснабжения. Ленинград: ЛИСИ, 1984. 78 с.
5. Крети́нин В. М. Систематика почв и грунтов города Волгограда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3(35). С. 55—57.
6. Fleer G. J., Lyklema J. Polymer adsorption and its effect on the stability of hydrophobic colloids. II. The flocculation process as studied with the silver iodide-polyvinyl alcohol system // Journal of Colloid and Interface Science. 1974. Vol. 46. № 1. Pp. 1—12. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9797\(74\)90018-6](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9797(74)90018-6)
7. Математическое моделирование процессов очистки сточных вод и обработки осадков на городских очистных сооружениях канализации / С. М. Мусаелян, Р. В. Потоловский, Н. А. Сахарова, О. П. Радченко // Интернет-Вестник ВолГАСУ. 2012. Вып. 1(20). Ст. 11. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>
8. Доскина Э. П., Москвичева А. В., Москвичева Е. В. К вопросу о применении нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в систему водоотведения г. Волгограда. // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 2. С. 37—42.
9. Enhanced sonocatalytic degradation of azo dyes by Au/TiO<sub>2</sub> / Yifeng Wang, Dan Zhao, Wanhong Ma, Chungheng Chen, Jincai Zhao // Environmental Science and Technology. 2008. № 42 (16). Pp. 6173—6178. DOI: 10.1021/es800168k
10. Хомяк Я. В., Скорченко В. Ф. Автомобильные дороги и окружающая среда. Киев: Вища школа, 1983. 160 с.

© Радченко О. П., Москвичева Е. В., Клочков Д. П., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Радченко О. П., Москвичева Е. В., Клочков Д. П. Оценка степени загрязнения поверхностных сточных вод автотранспортных предприятий города Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 295—303.

Об авторах:

**Радченко Ольга Петровна** — учебный мастер кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [olga.radchenko82@mail.ru](mailto:olga.radchenko82@mail.ru)

**Москвичева Елена Викторовна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Клочков Дмитрий Петрович** — канд. техн. наук, доцент, преподаватель кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [look\\_back-in@mail.ru](mailto:look_back-in@mail.ru)

**O. P. Radchenko, E. V. Moskvicheva, D. P. Klochkov**

## THE ASSESSMENT OF THE STATE OF SURFACE WASTE WATER OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES IN THE CITY OF VOLGOGRAD

The article provides the classification of enterprises-pollutants that are divided according to the composition of the contaminations of superficial flow formed on industrial sites and the surroundings. Motor transport enterprises contaminating the environment with harmful substances are examined. Composition and amount of contaminants in sewage waters of motor transport enterprises in the city of Volgograd are defined. Points of superficial sewage water intake within the boundaries of Volgograd are shown on the map-chart. The diagram of precipitation, mainly from suspended substances, is presented in the article. Recommendations on the introduction of local sewage treatment plants at motor transport enterprises are given. These plants are for sewage waters from washing of rolling stock, where it is possible to purify superficial flow as well, on condition that it is preliminarily collected in a regulative tank.

**Key words:** sewage water, motor transport, motor transport enterprises, superficial flow, groups of enterprises, contaminants, rain flow, melted flow, suspended substances, oil products, purification of effluents, circulating water-supply, maximum possible concentrations (ПДК), fishery waters, grain-size sediment composition.

### REFERENCES

1. *Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochistki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territorii, ploshchadok predpriyatii i opredeleniyu uslovii vypuska ego v vodnye ob"ekty* [Recommendations on the design of waste water collection and purification systems on residential territories, enterprises' sites and the determination of conditions of its exhaust to water objects]. Moscow, 1998.
2. Golubev I. R., Novikov Yu. V. *Okruzhayushchaya sreda i transport* [The environment and transport]. Moscow, Transport Publ., 1987. 207 p.
3. Radchenko O. P. [Sewage treatment at motor transport enterprises]. *Nauchnaya perspektiva* [Scientific prospect], 2011, no. 10, pp. 91—92.
4. *Issledovanie sostava stoka posle moiki gruzovogo avtotransporta i tekhnologicheskaya skhema ochistki v sisteme oborotnogo vodosnabzheniya* [The research of the sewage composition after washing of freight motor transport and water treatment scheme in the system of circulating water supply]. Leningrad, LISI, 1984. 78 p.
5. Kretinin V. M. [Classification of soils and grounds in Volgograd]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: science And Higher Vocational Education], 2014, no. 3(35), pp. 55—57.
6. Fleer G. J., Lyklema J. Polymer adsorption and its effect on the stability of hydrophobic colloids. II. The flocculation process as studied with the silver iodide-polyvinyl alcohol system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1974, 46(1), pp. 1—12. [http://dx.doi.org/10.1016/0021-9797\(74\)90018-6](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9797(74)90018-6)
7. Musaelyan S. M., Potolovsky R. V., Sakharova N. A., Radchenko O. P. [Mathematical modelling of the processes of waste water treatment and sludge treatment at urban waste water treatment facilities]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2012, no. 1(20), paper 11. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>
8. Doskina E. P., Moskvicheva A. V., Moskvicheva E. V. [On the application of permissible pollution limit values for effluents discharged into the wastewater disposal system of Volgograd]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water Supply and Sanitary Technique], 2016, no. 2, pp. 37—42.

9. Yifeng Wang, Dan Zhao, Wanhong Ma, Chuncheng Chen, Jincai Zhao. Enhanced sonocatalytic degradation of azo dyes by Au/TiO<sub>2</sub>. *Environmental Science and Technology*, 2008, no. 42 (16), pp. 6173—6178. DOI: 10.1021/es800168k

10. Khomyak Ya. V., Skorchenko V. F. *Avtomobil'nye dorogi i okruzhayushchaya sreda* [Highways and the environment]. Kiev, Vishcha Shkola Publ., 1983. 160 p.

*For citation:*

Radchenko O. P., Moskvicheva E. V., Klochkov D. P. [The assessment of the state of surface waste water of motor transport enterprises in the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 295—303.

*About authors:*

**Radchenko Ol'ga Petrovna** — Master of Technologies of Construction Operations Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [olga.radchenko82@mail.ru](mailto:olga.radchenko82@mail.ru)

**Moskvicheva Elena Viktorovna** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Klochkov Dmitrii Petrovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Lecturer Technologies of Construction Operations Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [look\\_back-in@mail.ru](mailto:look_back-in@mail.ru)

УДК 628.35

**В. Т. Фомичев<sup>а</sup>, И. А. Куликова<sup>а</sup>, Н. А. Филимонова<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup> *Волгоградский государственный аграрный университет*

## **ГЕЛЬМИНТОЗЫ И ГРИБКИ КАК ФАКТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Изложены проблемы и методы обеспечения экологической безопасности от воздействия гельминтов и грибов, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую городскую среду. Приведены методы воздействия овицидных и фунгицидных препаратов, получаемых электрохимическим способом.

**Ключевые слова:** бишофит, дегельминтизация, сточная вода.

Экологическое состояние городской среды, воздушного и водного бассейна города определяется хозяйственной деятельностью населения. Гельминты, грибки и их яйца и споры, находящиеся в городской среде, оказывают значительное антропогенное воздействие, повышая уровень негативных воздействий на городское население.

С гидроэкологическим фактором также тесно связаны многие паразитозы, вызываемые патогенными кишечными простейшими (лямблиоз, амебиаз и др.), паразитами крови (малярия), гельминтами (описторхоз, дифиллоботриозы, фальзиолез, церкариоз, псевдамфиломоз и др.).

Сточные воды, являясь продуктом хозяйственно-бытовой деятельности человека, содержат значительное количество яиц аскарид, власоглавов, остриц, карликового цепня, дифиллоботриид, тениид, токсокар и др. (табл. 1) [1—4].

**Таблица 1**

*Видовой и количественный состав яиц гельминтов в неочищенных сточных водах ряда городов и областей РФ*

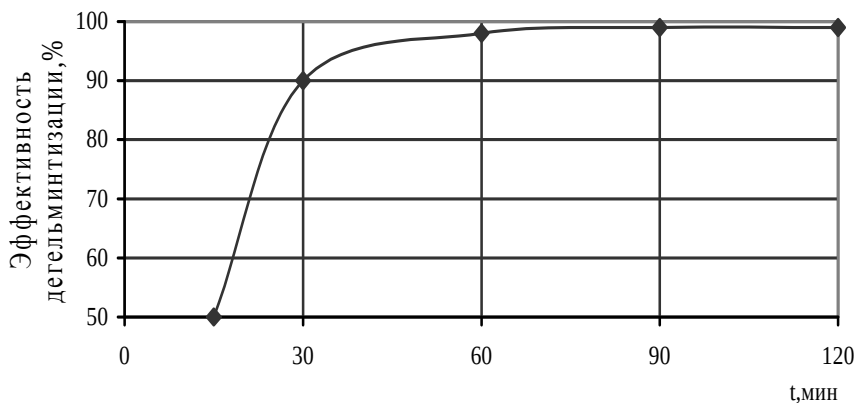
| Область, город             | Содерж. яиц гельминтов, экз./м <sup>3</sup> | Видовой состав яиц гельминтов                        | Авторы, год            |
|----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|
| г. Нарьян-Мар              | 2400...2800                                 | Дифиллоботриид, аскариды, острицы, карликовый цепень | Романенко Н. А., 1982  |
| г. Волжский                | 850...1050                                  | Дифиллоботриид, аскариды                             | Романенко Н. А., 1982  |
| г. Волгоград               | 100...160                                   | Дифиллоботриид, аскариды                             | Романенко Н. А., 1982  |
| Новосибирская обл.         | 200...400                                   | Дифиллоботриид, аскариды, описторхий                 | Романенко Н. А., 1982  |
| г. Тула                    | 980...1200                                  | Острицы, аскариды                                    | Ошевская З. А., 1992   |
| г. Москва, Московская обл. | 650...980                                   | Власоглав, токсокар, аскариды                        | Козлова М. В., 1996    |
| Приморский край            | 5200...8300                                 | Дифиллоботрииды, клонорхид                           | Герасимов И. В., 1988  |
| Хабаровский край           | 760...1400                                  | Аскариды, клонорхид, дифиллоботриид                  | Козырева Т. Т., 1999   |
| г. Архангельск             | 1580...1820                                 | Дифиллоботриид, аскариды                             | Камкина В. Я., 1980    |
| г. Подольск                | 2400...2900                                 | Аскариды, власоглав, токсокар                        | Романенко Н. А., 1982  |
| г. Новочеркасск            | 200...430                                   | Аскариды, власоглав, тениид, токсокар                | Хроменкова Е. П., 1997 |
| г. Таганрог                | 1200...1620                                 | Аскариды, власоглав, тениид, острицы                 | Хроменкова Е. П., 1992 |

Все большую актуальность приобретают условно патогенные микроорганизмы — грибы. Неблагоприятное влияние грибов на животных и людей заключается в свойствах самих микроорганизмов не просто воздействовать, а взаимодействовать с организмом человека. Практически все грибы, не являясь по своей природе болезнетворными, могут в организме человека приобретать паразитарные свойства и вызывать инфекционные поражения — микозы, а у людей, склонных к аллергическим реакциям, — микогенные аллергии в виде астматического бронхита, бронхиальной астмы, крапивницы и др. Вместе с тем именно грибковые болезни занимают все большее место в структуре заболеваемости людей, обусловленной влиянием гидрологического фактора [5, с. 115].

Цель данной работы — предупреждение экологической опасности в городе и минимизации последствий деятельности гельминтов и грибов в объектах городской окружающей среды (почва, сточные воды, осадки сточных вод, донные отложения, территории, прилегающие к складированию жидких и твердых отходов).

В качестве активного антигельминтного и фунгицидного препарата использован раствор, получаемый электрохимическим окислением раствора минерала «Бишофит» [6—8]. В результате электрохимического окисления водных растворов бишофита образуется активный комплекс гипохлоритов, гипобромитов, обладающих значительным бактерицидным, фунгицидным, овицидным эффектом.

В результате исследований установлено [9, 10], что бактерицидная активность дезинфектанта на основе бишофита выше на 20 %, чем у такового на основе хлористого натрия. Эффективность дегельминтизации сточных вод составила 98,8...99,8 % при введении дезинфектанта на основе бишофита дозой 1 мг/л в инфицированные стоки [10]. Как следует из рис., действие дезинфектанта на основе бишофита на микрофлору чрезвычайно эффективно: за 10 минут экспозиции количество микроорганизмов уменьшается на 98 %.



Эффективность дегельминтизации сточной воды от времени контакта

Полученные данные позволяют сделать вывод, что дезинфектант на основе природного бишофита обладает высокой овицидной активностью.

Определение количественного и качественного содержания яиц гельминтов в объектах окружающей среды проводится согласно МУК<sup>1</sup>.

Исследования по изучению овицидных свойств жидких препаратов проводились в соответствии с МУК<sup>2</sup>. Для оптимизации соотношения факторов процесса и эффективности дегельминтизации в лабораторных условиях применили стратегию математического планирования эксперимента [10]. Была реализована 1/2 реплики ПФЭ типа К = 24 – 1 с варьируемыми независимыми и некоррелированными факторами:  $X_1$  — доза препарата, мг/м<sup>3</sup> сточных вод;  $X_2$  — концентрация раствора бишофита, %;  $X_3$  — время экспозиции препарата с яйцами аскариды, час. Параметром оптимизации являлся  $Y$  — эффект дегельминтизации, %.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем: в колбу вносили 500 яиц гельминтов, куда в соответствии с условиями эксперимента вносили дозу дезинфектанта. Время экспозиции препарата также устанавливалось по матрице планирования. Количество жизнеспособных яиц определяли спустя 30 суток согласно МУК<sup>3</sup> [10]. Стабилизированный препарат хранили при температуре окружающей среды (18...24) °С на свету в темной пластмассовой емкости.

Регрессионный анализ результатов эксперимента проведем в соответствии с рекомендациями [10]:  $Y = 62,86 + 3,77X_1 + 5,32X_2 + 29,45X_3$ .

Полученное уравнение адекватно описывает процесс дегельминтизации в границах интервалов исследований, т. е. является его математической и интерполяционной моделью. Следовательно, оно может быть принято в качестве расчетного при разработке и проектировании процесса дегельминтизации.

Опыты проводились в двух сериях: на чистой взвеси яиц аскарид (наиболее устойчивых к воздействию химических и физических факторов), полученных из фекалий больных аскаридозом людей, и на яйцах аскарид, помещенных в сточные воды. Исследования проводились в соответствии с МУ [10]<sup>4</sup>.

Использовались следующие концентрации препарата:  $10^{-2}$ ... $10^{-7}$  и экспозиции 3, 6, 9, 12, 24 ч. Все варианты экспериментов проводились в трехкратной повторности с постановкой контроля. В каждом варианте использовалось не менее 600...700 яиц аскарид, жизнеспособных, на стадии развития 2...4 бластомеров, при определении их жизнеспособности просматривалось не менее 300 яиц аскарид. По количеству погибших яиц аскарид устанавливали уровень овицидной активности препарата: сильный, выраженный и слабый.

К первому относят препараты, которые в наиболее приемлемых концентрациях вызывают гибель всех яиц гельминтов, ко второму — убивающие свыше 50 %, к третьему — менее 50 % яиц гельминтов. Результаты исследований, представленные в табл. 2, показывают, что испытуемый препарат во

<sup>1</sup> МУК 4.2.2661-10. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания; МУК 4.2.3145-13. 4.2. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Лабораторная диагностика гельминтозов и протозоозов. Методические указания.

<sup>2</sup> То же.

<sup>3</sup> МУК 4.2.2661-10. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания.

<sup>4</sup> То же.

всех разведениях проявляет выраженные овицидные свойства. Наиболее оптимально выраженные овицидные свойства испытуемого препарата проявляются при концентрации  $10^{-2}$ . При этих параметрах погибает яиц аскарид в неочищенных сточных водах от 96,7 до 98,5 %.

Т а б л и ц а 2

*Результаты изучения овицидного воздействия дезинфектанта на яйца аскарид*

| Экспозиция, ч                            | Обнаружено погибших яиц аскарид, %, при разведении дезинфектанта |           |           |           |           |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                          | $10^{-2}$                                                        | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ | $10^{-7}$ |
| Яйца аскарид в неочищенных сточных водах |                                                                  |           |           |           |           |
| 3                                        | 91,6±0,2                                                         | 87,7±0,3  | 76,1±0,3  | 59,2±0,3  | 58,6±0,5  |
| 6                                        | 96,8±0,3                                                         | 98,5±0,5  | 97,5±0,2  | 97,7±0,4  | 96,7±0,2  |
| 9                                        | 97,4±0,5                                                         | 98,9±0,1  | 98,2±0,4  | 97,8±0,2  | 97,9±0,2  |
| 12                                       | 98,0±0,4                                                         | 99,1±0,3  | 98,8±0,3  | 98,0±0,5  | 98,6±0,3  |
| 24                                       | 98,7±0,2                                                         | 99,5±0,4  | 99,2±0,5  | 98,1±0,3  | 98,6±0,4  |
| Яйца аскарид в очищенных сточных водах   |                                                                  |           |           |           |           |
| 3                                        | 99,2±0,3                                                         | 88,4±0,4  | 65,7±0,5  | 65,9±0,4  | 64,2±0,4  |
| 6                                        | 98,7±0,2                                                         | 97,0±0,2  | 97,9±0,4  | 97,6±0,2  | 97,1±0,2  |
| 9                                        | 0±0,5                                                            | 97,4±0,1  | 98,4±0,3  | 98,4±0,5  | 97,6±0,3  |
| 12                                       | 0±0,4                                                            | 98,2±0,3  | 98,9±0,2  | 98,8±0,1  | 98,4±0,6  |
| 24                                       | 0±0,3                                                            | 98,6±0,2  | 99,6±0,5  | 99,4±0,3  | 98,7±0,4  |

Указанные параметры использования препарата могут быть рекомендованы в широкую практику дегельминтизации сточных вод на очистных сооружениях, что явится не только эффективным мероприятием по охране поверхностных водоемов от обсеменения инвазионным материалом, но и резко снизит (или исключит) риск новых заражений населения и животных гельминтозами.

Одним из интегральных методов оценки токсичности новых препаратов, контактирующих с объектами окружающей среды, является тестирование их с помощью гидробионтов.

Поскольку целью биотестирования являлась оценка возможного влияния препарата на водные системы, то в качестве биотестов использовался набор гидробионтов различных систематических уровней: бактерии, инфузории, дафнии. Изучалось влияние на гидробионты как самого экстракта, так и различных его разведений от  $10^{-1}$  до  $10^{-10}$ .

Тестирование с помощью дафний проводили в соответствии с МР ЦОС ПВ Р 005-95<sup>5</sup>. Длительность опыта — 96 ч. Повторность — трехкратная. Критерием воздействия являлась гибель рачков по времени в течение всего эксперимента. Результаты представлены в табл. 3.

Анализируя полученные данные, можно говорить о токсичности первого разведения. Дальнейшее разведение ( $10^{-2}$ ) полностью нивелировало токсический эффект.

<sup>5</sup> МР ЦОС ПВ Р 005-95. Методические рекомендации по применению методов биотестирования для оценки качества воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Таблица 3

*Гибель дафний, %, в разведениях дезинфектанта из растворов бишофита*

| Разведение экстракта | Гибель дафний, %, за период |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------------------|------|------|------|------|
| Контроль             | 1 ч                         | 24 ч | 48 ч | 72 ч | 96 ч |
| $10^{-1}$            | 0                           | 0    | 0    | 0    | 0    |
| $10^{-2}$            | 0                           | 98   | 100  | 100  | 100  |
| $10^{-4}$            | 0                           | 0    | 0    | 0    | 0    |
| $10^{-6}$            | 0                           | 0    | 0    | 0    | 0    |
| $10^{-8}$            | 0                           | 0    | 0    | 0    | 0    |
| $10^{-10}$           | 0                           | 0    | 0    | 0    | 0    |

Таким образом, по результатам эксперимента можно отметить отсутствие токсического влияния исследуемых образцов на ростовую функцию дафний.

На основе поведенческих реакций дафний показано, что дезинфектант на основе раствора бишофита может быть отнесен к 4 классу опасности и может применяться без ограничения в технологических процессах обеззараживания объектов окружающей среды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О состоянии и охране окружающей среды Волгоградской области в 2003 году: государственный доклад / сост. Э. Р. Полуничева. Волгоград, 2004. 360 с.
2. Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1992. 230 с.
3. Беэр С. Н. Паразитологический мониторинг в России (основа концепции) // Паразитология. 1996. № 1. С. 3—8.
4. Беэр С. Н. Подходы к паразитологическому мониторингу // Окружающая среда и проблемы паразитарного загрязнения. М.: РАН, 1994. С. 12—29.
5. Ковалева Е. П., Лысенко А. Я., Никитин Д. П. Урбанизация и проблемы эпидемиологии. М.: Медицина, 1982. 174 с.
6. Лаврикова Н. А., Фомичев В. Т. Способ получения фунгицидов меди: патент 2361016 РФ, МПК C25B 1/00; заявл. 09.01.2008; опубл. 10.07.2009. Бюл. № 19. 4 с.
7. Фомичев В. Т., Куликова И. А. и др. Способ получения гипохлорита: патент 2238348 РФ, МПК<sup>7</sup> C25B 1/26, 1/18; заявл. 30.07.03; опубл. 20.10.04. Бюл. № 29.
8. Фомичев В. Т., Филимонова Н. А., Камкова С. В. Способ получения биоцидного раствора: патент 2497662 РФ, МПК B27K 3/32; заявл. 18.07.2012; опубл. 10.11.2013. Бюл. № 31.
9. Электрохимия бишофита / В. Е. Древин, В. Т. Фомичев, Н. А. Филимонова, И. А. Куликова. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. 104 с.
10. Исследование влияния электролитического гипохлорита меди на процесс обеззараживания сточных вод / В. Т. Фомичев, Н. А. Филимонова, И. А. Куликова, С. В. Камкова // Интернет-вестник ВолГАСУ. 2012. Вып. 1(20). Ст. 5. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>

© Фомичев В. Т., Куликова И. А., Филимонова Н. А., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Фомичев В. Т., Куликова И. А., Филимонова Н. А. Гельминтозы и грибки как факторы экологической опасности городской среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 304—309.

Об авторах:

**Фомичев Валерий Тарасович** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой общей и прикладной химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1



**Куликова Ирина Александровна** — канд. техн. наук, доц., доцент кафедры общей и прикладной химии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [artem8448@inbox.ru](mailto:artem8448@inbox.ru)

**Филимонова Наталья Алексеевна** — канд. техн. наук, доц., доцент кафедры химии, Волгоградский государственный аграрный университет. Российская Федерация, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26, [nata555552007@yandex.ru](mailto:nata555552007@yandex.ru)

**V. T. Fomichev, I. A. Kulikova, N. A. Filimonova**

## HELMINTHOSIS AND FUNGI AS FACTORS OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF URBAN ENVIRONMENT

The article deals with the problems and methods of ensuring environmental safety against helminthosis and fungi that have a negative impact on the urban environment. The methods of exposure to ovicidal and fungicide agents produced by electrochemical methods are provided.

**Key words:** bischofite, dehelminthization, waste water.

### REFERENCES

1. Polunicheva E. R. *O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Volgogradskoi oblasti v 2003 godu: gosudarstvennyi doklad* [Towards the environmental condition and protection in Volgograd Oblast in 2003: national report]. Volgograd, 2004. 360 p.
2. Chebotarev A. I. *Gidrologicheskii slovar'* [Hydrological dictionary]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1992. 230 p.
3. Beyer S. N. [Parasitological monitoring in Russia (a concept basis)]. *Parazitologiya* [Parasitology], 1996, no. 1, pp. 3—8.
4. Beyer S. N. [Approaches to parasitological monitoring]. *Okruchayushchaya sreda i problemy parazitarnogo zagryazneniya* [The environment and parasitic contamination problems]. Moscow, RAS, 1994. Pp. 12—29.
5. Kovaleva E. P., Lysenko A. Ya., Nikitin D. P. *Urbanizatsiya i problemy epidemiologii* [Urbanization and epidemiology problems]. Moscow, Meditsina Publ., 1982. 174 p.
6. Lavrikova N. A., Fomichev V. T. *Sposob polucheniya fungitsidov medi* [Method of copper fungicide preparation]. Pat. 2361016 Russian Federation, MPK S25V 1/00. 4 p.
7. Fomichev V. T., Kulikova I. A. et al. *Sposob polucheniya gipokhlora* [Method of hypochlorite preparation]. Pat. 2238348 Russian Federation, MPK7 S25V 1/26.
8. Fomichev V. T., Filimonova N. A., Kamkova S. V. *Sposob polucheniya biotsidnogo rastvora* [Method of biocidal solution preparation]. Pat. 2497662 Russian Federation, MPK V27K 3/32/.
9. Drevin V. E., Fomichev V. T., Filimonova N. A., Kulikova I. A. *Elektrokhimiya bishofita* [Bischofite electrochemistry]. Volgograd, VSAU, 2012. 104 p.
10. Fomichev V. T., Filimonova N. A., Kulikova I. A., Kamkova S. V. [Investigation of copper hypochlorite impact on the process of waste water disinfection]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, no. 1(20), paper 5. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=75>

### For citation:

Fomichev V. T., Kulikova I. A., Filimonova N. A. [Helminthosis and fungi as factors of environmental safety of urban environment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 304—309.

### About authors:

**Fomichev Valerii Tarasovich** — Doctor of Engineering Science, Professor, the Head of General and Applied Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Kulikova Irina Aleksandrovna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of General and Applied Chemistry Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [artem8448@inbox.ru](mailto:artem8448@inbox.ru)

**Filimonova Natal'ya Alekseevna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Chemistry Department, Volgograd State Agricultural University. 26, Prospekt Universitetskii, Volgograd, 400002, Russian Federation, [nata555552007@yandex.ru](mailto:nata555552007@yandex.ru)

УДК 621.928.93

**С. Д. Стрекалов<sup>а</sup>, С. А. Богомолов<sup>а</sup>, В. П. Батманов<sup>а</sup>, Е. О. Черевиченко<sup>б</sup>,  
М. А. Николенко<sup>а</sup>, О. В. Бурлаченко<sup>а</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup> *ООО «ВолгоградНИПИМорнефть»*

<sup>а</sup> *Донской государственный технический университет*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ ВЗП В СИСТЕМАХ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

Определена кинематическая структура течения закрученного потока в сепарационной камере пылеуловителей ВЗП. Определены оптимальные значения характеристик первичного ввода пылеуловителя серии ВИП.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** системы пылеудаляющей вентиляции, пылеуловитель, встречно закрученные потоки, эффективность пылеулавливания, аэродинамическое сопротивление.

На предприятиях строительной индустрии в качестве пылеулавливающих средств в системах обеспыливающей вентиляции получили широкое распространение вихревые пылеуловители на встречных закрученных потоках (ВЗП) [1—5]. Их внедрение, по сравнению с циклонными, обусловлено рядом преимуществ: более высокая степень улавливания мелкодисперсной пыли; меньшая чувствительность фракционной эффективности к колебаниям расхода газа и концентрации пыли в нем; меньшая степень абразивного износа аппарата; большая удельная производительность; возможность более эффективной очистки горячих газов и регулирования процесса пылеулавливания изменением соотношений расходов газа через потоки, а в некоторых случаях менее высокие затраты [1—3, 6, 7]. Вышеперечисленное делает задачу изучения и оптимизации пылеуловителей на встречных закрученных потоках актуальной.

Однако большинство исследований посвящено оптимизации аэродинамического режима работы пылеуловителей ВЗП [1, 2, 8, 9]. Результаты же исследований конструктивных характеристик аппаратов ВЗП характеризуются существенно меньшим объемом, и в основном, сводятся к разработке и исследованиям различных компоновочных схем для систем аспирации и обеспыливающей вентиляции [2, 4, 5, 8, 10].

В ходе анализа типовых размеров различных серий пылеуловителей ВЗП и вихревого инерционного пылеуловителя (ВИП) установлено, что за основу при их проектировании брались типовые пылеуловители циклонного типа. Однако в виду существенных отличий, обусловленных наличием вторичного закрученного потока, процесс пылеулавливания может происходить в неоптимальном режиме.

Для получения данных о параметрах пристеночного течения в пылеуловителях на встречных закрученных потоках были проведены экспериментальные исследования. Анализ экспериментальных результатов определения окружной и осевой составляющих скоростей газового потока в пристенной зоне сепарационной камеры позволяет сделать предположение об автомо-

дельности кинематической структуры течения в пристенной зоне по отношению к начальному значению интенсивности закрутки потока  $\Phi_0^*$ . Все результаты, полученные при различных значениях  $\Phi_0^*$  ложатся на гладкую кривую (рис. 1). Аналогичная картина наблюдается с отношением начального значения окружной составляющей скорости к значениям полученным в ходе измерений по высоте сепарационной камеры  $U_\tau/U_{\tau 0}$ .

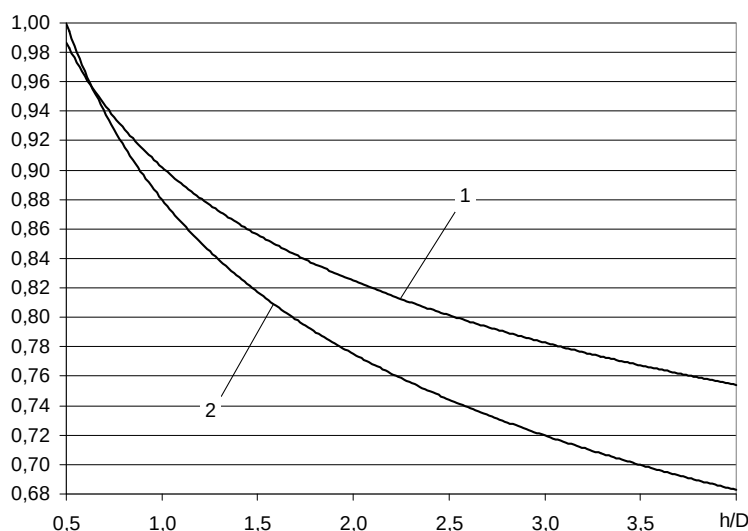


Рис. 1. Зависимости, характеризующие изменение локального пристеночного параметра интенсивности закрутки  $\text{tg}(\varphi) / \text{tg}(\varphi)_0$  (1) и тангенциальной составляющей скорости воздушного потока в пристеночной зоне  $U_\tau/U_{\tau 0}$  (2) по высоте сепарационной камеры

Полученные кривые представляют собой монотонно убывающие зависимости вида

$$\text{tg}(\varphi) / \text{tg}(\varphi)_0 = 0,902(h/D)^{-0,129}; \quad (1)$$

$$U_\tau/U_{\tau 0} = 0,88(h/D)^{-0,183}. \quad (2)$$

Основными силами, оказывающими значимое влияние на пылевую частицу, движущуюся в пристенной зоне сепарационной камеры пылеуловителя ВЗП являются:

- 1) сила сопротивления обтеканию газовым потоком;
- 2) центробежная сила;
- 3) кориолисова сила;
- 4) сила тяжести.

Для описания движения пылевой частицы в закрученном потоке наиболее удобным является использование цилиндрической системы координат.

В радиальном направлении на частицу оказывают воздействие центробежная сила  $F_\text{ц}$  и радиальная проекция силы сопротивления обтеканию газовым потоком  $F_\text{м}$ . Для определения последней использована гипотеза об отсутствии радиальной составляющей скорости газового потока в пристенной зоне слабо и умеренно закрученного течения. Таким образом,

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = m \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 r + \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 \frac{\rho \lambda_{\text{ч}} \pi d_{\text{ч}}^2}{8}. \quad (3)$$

Проекция сил на подвижную касательную ось  $\tau$  складывается из проекции силы сопротивления обтеканию потоком  $F_{\mu}$  и кориолисовой силы. Заменяя угловую скорость линейной на подвижной оси, получим

$$m \frac{d^2 \tau}{dt^2} = \left( \frac{d\tau}{dt} - U_{\tau} \right)^2 \frac{\rho \lambda_{\text{ч}} \pi d_{\text{ч}}^2}{8} - m \frac{2}{r} \frac{dr}{dt} \frac{d\tau}{dt}. \quad (4)$$

Проекция сил на вертикальную (продольную) ось складывается из силы тяжести  $F_{\tau}$  и вертикальной проекции силы сопротивления обтеканию частицы газовым потоком  $F_{\mu}$ :

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = (F_{\mu} + P) = \left( \frac{dy}{dt} - U_x \right)^2 \frac{\rho \lambda_{\text{хч}} \pi d_{\text{ч}}^2}{8} - mg. \quad (5)$$

Для упрощения полученных уравнений, характеризующих проекции сил на продольную и подвижную касательную оси, принимается допущение о совпадении окружной и продольной составляющих скорости соответствующим проекциям скорости газового потока. Данное допущение основано на результатах визуального наблюдения, позволяющих утверждать, что частицы крупностью до 180 мкм в пристенной области практически движутся по траектории движения закрученного газового потока в виду незначительности масс и сил инерции в сравнении с аэродинамическими силами. Тогда уравнения, описывающие движение частицы, принимают вид:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = m \left( \frac{d\chi\varphi}{dt} \right)^2 r + \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 \frac{\rho \lambda_{\text{ч}} \pi d_{\text{ч}}^2}{8}; \quad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{U_{\tau}}{R}; \quad \frac{dx}{dt} = U_x. \quad (6)$$

Используя соотношение (1) и (2), имеем:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = mr \left( \frac{0,88 U_{\tau 0} x^{-0,183}}{R} \right)^2 + \left( \frac{dr}{dt} \right)^2 \frac{\rho \lambda_{\text{ч}} \pi d_{\text{ч}}^2}{8}; \quad \frac{d\varphi}{dt} = \frac{0,88 U_{\tau 0}}{R} x^{-0,183}; \quad \frac{dx}{dt} = 0,794 U_{\tau 0} x^{-0,312}. \quad (7)$$

Для оценки влияния, оказываемого на эффективность улавливания аппарата ВЗП, интенсивности закрутки, создаваемой верхним вводом, проведены численные эксперименты. При численном интегрировании полученной системы приняты следующие начальные условия:

1) за начало отсчета принимается точка, расположенная на нижней границе тангенциального ввода, наиболее близкая к центру поперечного сечения сепарационной камеры  $x = 0$ ,  $r = 0,6R$  (ширина тангенциального патрубка принята равной  $0,4R$ );

2) тангенциальная составляющая скорости частицы  $\frac{d\tau}{dt} = U_{\tau 0}$ , а начальное значение угловой скорости соответственно  $\frac{d\varphi}{dt} = \frac{U_{\tau 0}}{R}$ ;

3) значение вертикальной (продольной) составляющей скорости частицы на входе в сепарационную камеру, согласно допущениям, принятым при составлении уравнений, равно начальному значению вертикальной составляющей скорости газового потока  $\frac{dx_0}{dt} = U_{x0}$ ;

4) радиальная составляющая скорости частицы во входном сечении сепарационной камеры, исходя из тех же допущений, равна таковой составляющей скорости воздушного потока, т. е.  $\frac{dr_0}{dt} = 0$ .

Достаточным условием, позволяющим сделать вывод о сепарации пылевидной частицы, является значение радиальной координаты, равное радиусу сепарационной камеры,  $r = R$ . При этом значение угловой координаты  $\varphi$  не имеет практического значения. В качестве переменных приняты размер пылевой частицы  $d_q$ , и начальный параметр интенсивности закрутки потока  $\Phi_0^*$  [11, 12]. Свойства пылевых частиц (плотность  $\rho_q$ , и коэффициент аэродинамического сопротивления  $\lambda_q$ ) приняты соответствующими пыли кварцевого песка соответствующей фракции.

Как видно из рис. 2, минимальный размер частиц, сепарируемых в результате контакта со стенкой при прохождении сепарационной камеры, составляет 25 мкм. Для улавливания частиц данной фракции необходимо задавать значения  $\Phi_0^* = 6$ . При дальнейшем увеличении крупности частиц происходит снижение значений  $\Phi_0^*$ . Минимальное значение интенсивности начальной закрутки, принятое в ходе эксперимента, позволяющее, согласно расчетам, улавливать частицы кварцевого песка крупностью 37 мкм, составляет  $\Phi_0^* = 4$ . Данное значение характерно для пылеуловителей циклонного типа и позволяет сепарировать частицы крупнее 50 мкм.

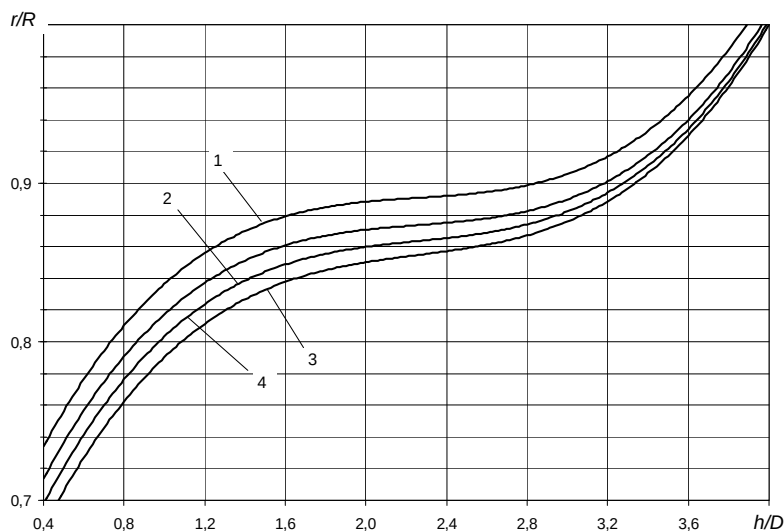


Рис. 2. Результаты расчета зависимости радиальной координаты пылевой частицы от вертикальной при движении в сепарационной камере пылеуловителя ВЗП: 1 —  $d_q = 37$ ,  $\Phi_0^* = 4$ ; 2 —  $d_q = 35$ ,  $\Phi_0^* = 4,4$ ; 3 —  $d_q = 33$ ,  $\Phi_0^* = 4,8$ ; 4 —  $d_q = 25$ ,  $\Phi_0^* = 6$

На рис. 3 представлена зависимость начального параметра интенсивности закрутки потока верхним тангенциальным вводом пылеуловителя ВЗП, необходимого для сепарирования частиц кварцевого песка различной крупности  $\Phi_0^*(d_{\text{ч}})$ .

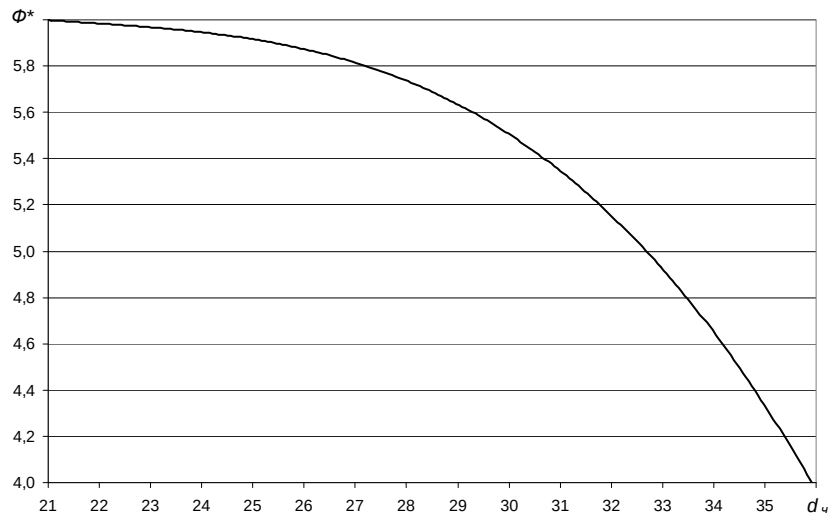


Рис. 3. Расчетная зависимость формпараметра закрутки потока верхнего ввода пылеуловителя ВЗП от размера пылевой частицы  $\Phi_0^*(d_{\text{ч}})$

Анализ кривой показывает, что основную роль в процессе движения частицы играет центробежная сила, пропорциональная квадрату окружной, скорости. Таким образом, параметр интенсивности закрутки потока несомненно, является важнейшим фактором с точки зрения эффективности работы пылеуловителя. Кроме того, важнейшую роль играет время нахождения частицы в сепарационной камере, которое применительно к аппарату ВЗП ограничено не столько ее высотой, сколько расстоянием между нижним вводом и торцом выпускного патрубка.

Для проверки выводов, полученных теоретическим путем, проведены экспериментальные исследования, целью которых являлась оптимизация интенсивности закрутки потока, создаваемая верхним тангенциальным вводом пылеуловителя ВЗП и относительного заглубления аксиального выходного патрубка в сепарационную камеру. При проведении экспериментальных исследований в качестве параметров оптимизации приняты эффективность пылеулавливания и аэродинамическое сопротивление. При проведении исследований в качестве определяющих факторов были выбраны:  $Re_{\text{ср}}$  — среднерасходное число Рейнольдса в сепарационной камере;  $\Phi_{\text{г}}^*$  — формпараметр закрутки, создаваемый сменным верхним тангенциальным вводом;  $h/D$  — заглубление выходного аксиального патрубка в сепарационную камеру, отнесенное к диаметру аппарата;  $L_{\text{н}}/L_{\text{общ}}$  — отношение расхода, поступающего на нижний ввод, к общему, подаваемому в пылеуловитель.

Для режима работы пылеуловителя при  $Re_{\text{ср}} = 50\,000$  уравнения регрессии имеют вид:

$$\eta = 23,30 + 14,23\Phi_r^8 - 1,68\frac{h}{D} + 189,25\frac{L_n}{L_{общ}} - 1,01(\Phi_r^8)^2 - 0,10\left(\frac{h}{D}\right)^2 - 321,33\left(\frac{L_n}{L_{общ}}\right)^2 - 0,13\Phi_r^8 \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{L_n}{L_{общ}}; \quad (8)$$

$$\xi = 235,13 - 64,17\Phi_r^8 + 27,23\frac{L_n}{L_{общ}} + 8,45(\Phi_r^8)^2 - 50,0\left(\frac{L_n}{L_{общ}}\right)^2 + 10\Phi_r^8 \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{L_n}{L_{общ}} \quad (9)$$

При работе пылеуловителя с расходами ниже и выше (соответственно  $Re_{cp} = 38\,000$  и  $Re_{cp} = 62\,000$ ) наблюдается существенное снижение эффективности улавливания, что позволяет считать значение  $Re_{cp} = 50\,000$  оптимальным для аппаратов серии ВИП, что хорошо согласуется с результатами других исследователей [6, 7, 13].

На рис. 4 приведена зависимость эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от геометрического параметра эффективности закрутки верхнего ввода.

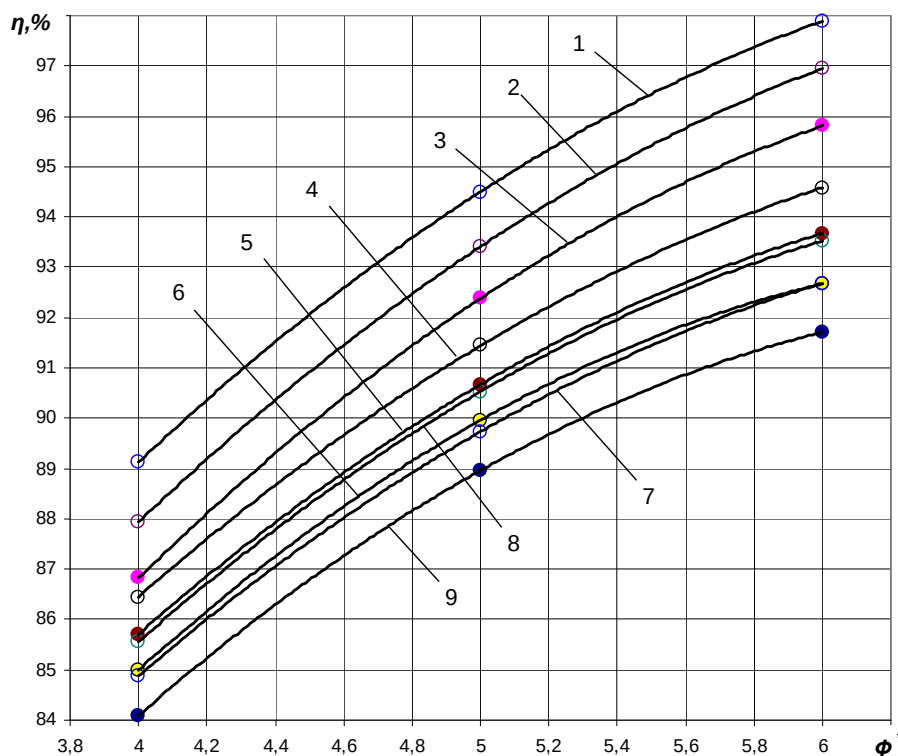


Рис. 4. Зависимость эффективности пылеулавливания аппарата ВИП от геометрического параметра эффективности закрутки верхнего ввода  $\eta(\Phi_r^*)$  при  $Re_{cp} = 50\,000$ : 1 —  $L_n/L_{общ} = 0,3$ ,  $h/d = 1,4$ ; 2 —  $L_n/L_{общ} = 0,3$ ,  $h/d = 1,8$ ; 3 —  $L_n/L_{общ} = 0,3$ ,  $h/d = 2,2$ ; 4 —  $L_n/L_{общ} = 0,2$ ,  $h/d = 1,4$ ; 5 —  $L_n/L_{общ} = 0,2$ ,  $h/d = 1,8$ ; 6 —  $L_n/L_{общ} = 0,2$ ,  $h/d = 2,2$ ; 7 —  $L_n/L_{общ} = 0,4$ ,  $h/d = 1,4$ ; 8 —  $L_n/L_{общ} = 0,4$ ,  $h/d = 1,8$ ; 9 —  $L_n/L_{общ} = 0,4$ ,  $h/d = 2,2$

Как следует из приведенных результатов, эффективность улавливания существенно возрастает при увеличении интенсивности закрутки потока в верхнем вводе во всем диапазоне варьирования экспериментальных факторов. На практике повышение величины  $\Phi_r^*$  до величин выше 5,5 не желательно, в виду существенного повышения аэродинамического сопротивления пылеуловителя, о чем свидетельствуют данные, приведенные на рис. 3. Так, например при увеличении интенсивности закрутки с  $\Phi_r^* = 5$  до  $\Phi_r^* = 6$  происходит увеличение коэффициента местного сопротивления пылеуловителя на величину 48...52 % в зависимости от режима работы. Совместный анализ экспериментальных данных по эффективности пылеулавливания и аэродинамическому сопротивлению позволяет считать оптимальным значения интенсивности закрутки верхнего ввода аппаратов ВИП, лежащие в пределах  $\Phi_r^* = 5,2...5,4$ .

#### **Выводы:**

1. Установлено, что наиболее существенное влияние на эффективность улавливания пылеуловителей на встречных закрученных потоках оказывает интенсивность закрутки потока, создаваемая верхним тангенциальным вводом.
2. Определены параметры оптимизации конструкции верхнего ввода пылеуловителя типа ВИП.
3. Эффективность пылеулавливания аппарата ВИП повышается при увеличении параметра закрутки потока верхнего ввода.
4. Оптимальные значения интенсивности закрутки верхнего ввода аппаратов ВИП лежат в пределах  $\Phi_r^* = 5,2...5,4$ .

#### **Условные обозначения:**

$L$  — расход аспирационного газа, м<sup>3</sup>/ч;  $w$  — тангенциальная скорость пылевой частицы, м/с;  $v$  — тангенциальная скорость газового потока, м/с;  $r$  — радиальная координата, м;  $\Phi^*$  — интегральный параметр закрутки потока;  $\Phi_r^*$  — интегральный параметр закрутки потока, создаваемый закручивателем;  $\xi$  — коэффициент местного сопротивления;  $\omega$  — угловая скорость движения частицы, 1/с;  $\nu$  — кинематическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с;  $n$  — показатель, зависящий от числа Рейнольдса;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ч}}$  — плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $\delta$  — эквивалентный диаметр частицы, м;  $v_r$  — радиальная составляющая скорости движения воздуха в окрестности частицы, м/с;  $f_d$  — динамический коэффициент формы.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Азаров В. Н. Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Опыт внедрения. Волгоград, 2003. 150 с.
2. Азаров В. Н., Сергина Н. М. Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2003. № 8. С. 14—15.
3. Сергина Н. М., Боровков Д. П., Семенова Е. А. Совершенствование методов очистки воздуха рабочей зоны от пыли известкового щебня, выделяющейся при разгрузке железнодорожных вагонов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1471>
4. Обеспечение безопасности воздушной среды помещений по производству деревянных строительных конструкций / В. Н. Азаров, П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, Д. П. Боровков // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 2 (27). Ст. 35. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=96>
5. Экспериментальные исследования эффективности очистки древесной пыли на предприятиях строительной индустрии пылеуловителями на встречных закрученных потоках / С. И. Экба, П. А. Сидякин, Д. П. Боровков, Д. В. Азаров // Современная наука и инновации. 2013. № 2. С. 12—18.



6. Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with counter swirling flows / V. N. Azarov, D.V. Lukanin, D. P. Borovkov, A. M. Redhwan // International Review of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 8. No. 5. С. 851—856. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireme.v8i5.3455>

7. Исследование по оптимизации характеристик верхнего ввода пылеуловителей со встречными закрученными потоками / Д. П. Боровков, П. А. Сидякин, И. В. Бурба, С. И. Экба // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-5. С. 866—870.

8. Совершенствование систем обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли / П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, Д. П. Боровков, Н. А. Маринин // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11 (133). С. 67—70.

9. Боровков Д. П., Бурба И. В., Чичиров К. О. Повышение эффективности пылеуловителей на встречных закрученных потоках // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 157—163.

10. Применение раскручивателей для утилизации энергии закрученного потока в пылеуловителях на встречных закрученных потоках / Д. П. Боровков, П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, С. В. Шульга // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2013. Специальный выпуск. С. 105—111.

11. Azarov V. N., Borovkov D. P., Redhwan A. M. Application of swirling flows in aspiration systems // International Review of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 8. No. 4. Pp. 750—753.

12. Азаров В. Н., Боровков Д. П., Филиппова С. В. Использование энергии закрутки потока для снижения аэродинамического сопротивления пылеуловителей на встречных закрытых потоках // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2012. Вып. 2 (22). Ст. 13. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=81>

13. Азаров Д. В., Боровков Д. П. Об оптимизации параметров закрутки в пылеуловителях ВЗП // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 3. С. 55—60.

© Стрекалов С. Д., Богомолов С. А., Батманов В. П., Черевиченко Е. О.,  
Николенко М. А., Бурлаченко О. В., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Оптимизация конструктивных параметров пылеуловителей ВЗП в системах обеспыливания и вентиляции / С. Д. Стрекалов, С. А. Богомолов, В. П. Батманов, Е. О. Черевиченко, М. А. Николенко, О. В. Бурлаченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 310—319.

Об авторах:

**Стрекалов Сергей Дмитриевич** — д-р техн. наук, профессор кафедры альтернативной энергетики и промышленной экологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [strekalov\\_sergey@mail.ru](mailto:strekalov_sergey@mail.ru)

**Богомолов Сергей Александрович** — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Батманов Виктор Павлович** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [vbatmanov@mail.ru](mailto:vbatmanov@mail.ru)

**Черевиченко Елена Олеговна** — канд. техн. наук, начальник отдела по водоснабжению и водоотведению, ООО «ВолгоградНИПИМорнефть». Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Рабоче-Крестьянская, 30А, [kaf\\_bgdvt@mail.ru](mailto:kaf_bgdvt@mail.ru)

**Николенко Максим Александрович** — кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, Донской государственный технический университет. Российская Федерация, 344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

**Бурлаченко Олег Васильевич** — д-р техн. наук, доцент, проректор по научной работе, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**S. D. Strekalov, S. A. Bogomolov, V. P. Batmanov, E. O. Cherevichenko,  
M. A. Nikolenko, O. V. Burlachenko**

## **OPTIMIZATION OF DESIGN PARAMETERS OF DUST COLLECTOR OF COUNTER SWIRLING FLOWS IN ENGINEERING ECOLOGICAL SYSTEMS**

The kinematic structure of the swirling flow stream in separating chamber of dust collector of counter swirling flows is defined. The optimal values of the parameters of primary input of VIP dust collectors are estimated.

**Key words:** dust removing ventilation systems, dust collector, counter swirling flows, dust collection efficiency, aerodynamic drag.

### **REFERENCES**

1. Azarov V. N. *Pyleuloviteli so vstrechnymi zakruchennymi potokami. Opyt vnedreniya* [Dust collectors with counter swirling flows. The experience of implementation]. Volgograd, 2003. 150 p.
2. Azarov V. N., Sergina N. M. [Dust collection systems with inertial devices in construction material production]. *Stroitel'nye materialy* [Construction materials], 2003, no. 8, pp. 14—15.
3. Sergina N. M., Borovkov D. P., Semenova E. A. [The development of some methods of the working area air purification from crushed limestone dust appearing during the cars' dump]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering journal of Don]. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1471>
4. Azarov V. N., Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Borovkov D. P. [Assurance of air environment safety in premises for production of wooden building constructions]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2013, no. 2 (27), paper 35. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=96>
5. Ekba S. I., Sidiyakin P. A., Borovkov D. P., Azarov D. V. [Experimental study of the effectiveness of treatment of wood dust to dust collector enterprises building industry for counter corkscrew flow]. *Sovremennaya nauka i innovatsii* [Modern science and innovations], 2013, no. 2, pp. 12—18.
6. Azarov V. N., Lukanin D. V., Borovkov D. P., Redhwan A. M. Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with counter swirling flows. *International Review of Mechanical Engineering*, 2014, 8(5), pp. 851—856. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireme.v8i5.3455>
7. Borovkov D. P., Sidiyakin P. A., Burba I. V., Ekba S. I. [The research on optimization of the parameters of the upper input of dust collectors with counter swirling flow]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2013, no. 11-5, pp. 866—870.
8. Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Borovkov D. P., Marinin N. A. [Improvement of dust removal systems in woodworking enterprises]. *Alternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative energy and ecology], 2013, № 11 (133), pp. 67—70.
9. Borovkov D. P., Burba I. V., Chichirov K. O. [Efficiency precipitators at counter corkscrew flow]. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo* [Regional architecture and engineering], 2013, no. 3, pp. 157—163.
10. Borovkov D. P., Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Shulga S. V. [Application straighteners for utilization of the energy swirling flow in dust collector on the counter twisted threads]. *Sovremennye fundamental'nye i prikladnye issledovaniya* [Modern fundamental and applied researches], 2013, Special Issue, pp. 105—111.
11. Azarov V. N., Borovkov D. P., Redhwan A. M. Application of swirling flows in aspiration systems. *International Review of Mechanical Engineering*, 2014, 8(4), pp. 750—753.
12. Azarov V. N., Borovkov D. P., Filippova S. V. [The use of energy of stream turning to decrease the aerodynamical resistance of dust collectors in contrary turning stream]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2012, no. 2 (22), paper 13. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=81>
13. Azarov D. V., Borovkov D. P. [About the optimization of swirl parameters in the dust collectors VZP]. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biospheric compatibility: human, region, technologies], 2013, no. 3, pp. 55—60.

### **For citation:**

Strekalov S. D., Bogomolov S. A., Batmanov V. P., Cherevichenko E. O., Nikolenko M. A., Burlachenko O. V. [Optimization of design parameters of dust collector of counter swirling flows in engineering ecological systems]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 310—319.

*About authors:*

**Strekalov Sergei Dmitrievich** — Doctor of Engineering Science, Professor of Alternative Energy and Industrial Ecology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [strekalov\\_sergey@mail.ru](mailto:strekalov_sergey@mail.ru)

**Bogomolov Sergei Aleksandrovich** — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Batmanov Viktor Pavlovich** — Doctor of Medical Science, Professor of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ybatmanov@mail.ru](mailto:ybatmanov@mail.ru)

**Cherevichenko Elena Olegovna** — Candidate of Engineering Sciences, Head of Water Supply and Water Disposal Department, LLC "VolgogradNIPIMorneft". 30A, Raboche-Krestyanskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Nikolenko Maksim Aleksandrovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Motor Roads Department, Don State Technical University. 162, Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

**Burlachenko Oleg Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Docent, Vice-Rector for Scientific Work, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 697.92:628.511.12:621.86/87:656.2

**Д. П. Боровков, В. П. Батманов, С. А. Богомолов, О. В. Бурлаченко**

*Волгоградский государственный технический университет*

**О ВЫБОРЕ СХЕМ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ,  
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ  
ОТ ИЗВЕСТКОВОЙ ПЫЛИ ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ**

Определена величина пылевыведения при разгрузке железнодорожного вагона с известковым щебнем. Получены данные о дисперсном составе пылевых частиц, попадающих в воздух рабочей зоны при разгрузке вагонов с щебнем. Описана схема опытно-промышленной системы обеспыливающей вентиляции, и приведены результаты ее испытаний.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** система обеспыливающей вентиляции, щебень, пылевыведение.

Одним из компонентов при изготовлении асфальто-бетонной смеси является щебень, представляющий собой неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, с последующим рассевом продуктов дробления. Согласно ГОСТ 8267—93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» в дорожном строительстве наибольшее распространение имеют фракции 25...60 и 40...70. Известняковый щебень — продукт дробления осадочной горной породы — известняка, состоящего главным образом из кальцита (карбонат кальция —  $\text{CaCO}_3$ ). Известняковый щебень один из основных видов щебня, который, помимо гравийного и гранитного щебня, применяется в дорожном строительстве, а также при изготовлении железобетонных изделий.

Как правило, большую часть пути от месторождения до конечного потребителя известняковый щебень транспортируется железнодорожным транспортом. Однако, учитывая специфику дорожного строительства, доставлять его непосредственно к асфальто-бетонным заводам в большинстве случаев затруднительно. Поэтому возникает необходимость в разгрузке и складировании щебня для последующей перевозки автотранспортом.

В процессе транспортирования и разгрузки, ввиду взаимодействия дробленого материала, происходит образование пыли. Этому способствует относительно низкая твердость известковых пород, а так же их высокая абразивность. Так же некоторое количество пыли присутствует в щебне изначально с момента его измельчения и гранулирования. Возникающая при разгрузке эжекция воздуха способствует отделению пыли от гранул и образованию пылевоздушной смеси. Наиболее сильное пылевыведение наблюдается при разгрузке навалом, когда содержимое вагона пересыпается через открытые люки. Концентрации пыли в непосредственной близости железнодорожных путей при этом составляют 1,5...2 г/м<sup>3</sup> [1].

В случае, если выгрузка осуществляется на открытой площадке, известковая пыль разносится ветром на значительные расстояния. Предотвратить распространение пылевых отходов при этом крайне затруднительно, поэтому с целью соблюдения экологических требований погрузочно-разгрузочные

операции необходимо производить в закрытом помещении (ангаре, грузовом депо и т. д.). Однако при этом встает вопрос загрязнения воздуха рабочей зоны и выброса пылевых отходов через ворота, вентиляционные системы, фонари и т. п.

Одним из решений данной проблемы является организация обеспыливающей вентиляции. Для обеспечения эффективной работы пылеулавливающего оборудования необходимо наличие данных о мощности пылевыделения, концентрации и физических свойствах пылевых частиц, поступающих в воздух рабочей зоны при разгрузке вагона с щебнем.

Для определения мощности пылевыделения применен метод измерения пылеоседания, сущность которого описана ниже [2, 3, 4]. На определенном расстоянии от места разгрузки по окружности через угол  $\pi/4$  расставляются тарелочки-ловушки. Осевшая в каждой из тарелочек пыль взвешивается, и определяется интенсивность пылеоседания по формуле:

$$G_0 = \frac{G}{F\tau}, \text{ г/(м}^2\text{ч)}, \quad (1)$$

где  $G$  — количество пыли, осевшей на тарелочке, кг;  $F$  — площадь тарелочки, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — время нахождения тарелочки в зоне пылеоседания, ч.

По полученным результатам выбираются максимальные и минимальные значения плотности пылеоседания  $G_{\min}$  и  $G_{\max}$  соответственно. Через эти значения  $G_{\min}$  и  $G_{\max}$  проводят линию, которая является средней линией для зоны пылеоседания фиксированного источника пыления. Зону пылеоседания фиксированного источника делят на два сектора с углом раскрытия  $\pi/4$ , т. е. получают по два сектора с минимальным и максимальным оседанием пыли. Затем в каждом из секторов пылеоседания намечают не менее трех дуг. На каждой дуге ставится по три ловушки. Осевшую в каждой тарелочке пыль взвешивают и определяют среднюю плотность распространения пылеоседания по формуле (1) для каждого радиуса. Суммарная величина пылевыделений от рассматриваемого сектора источника рассчитывается по следующему уравнению:

$$M_{\pi} = \frac{\pi\phi}{360} \frac{G_{\max}}{x_k} \left[ \frac{2}{a^3} + \left( \frac{x_k^2}{a} + \frac{2x_k}{a^2} + \frac{2}{a^3} \right) \exp(-ax_k) \right], \text{ г/ч}, \quad (2)$$

где  $\phi$  — градусная мера центрального угла рассматриваемого сектора, град;  $G_{\max}$  — значение максимума кривой распределения интенсивности пылеоседания, определяемое экспериментально для каждой исследуемой пыли, г/(м<sup>2</sup>·ч);  $x_k$  — расстояние от источника, м;  $a$  — коэффициент, определяемый экспериментально для каждой исследуемой пыли, 1/м.

Результаты исследования мощности пылевыделения выявили значительное поступление пыли в воздух рабочей зоны. По результатам серии замеров по разгрузке 50 вагонов величина пылепоступления при полной разгрузке одиночного вагона лежит в пределах 115...140 кг. Осредненные по результатам серии замеров концентрации пыли на расстояниях 0,5, 2 и 10 м составляют соответственно 98,4, 73,2 и 10,6 г/м<sup>3</sup>, что многократно превышает ПДК для воздуха рабочей зоны.

Важнейшей характеристикой пылевых частиц, поступающих в воздух рабочей зоны, является их размер. При разработке мероприятий по снижению запыленности воздуха рабочей зоны был проведен дисперсный анализ пыли методом микроскопии [5]. Для оценки результатов анализа были построены интегральные функции распределения массы частиц по диаметрам.

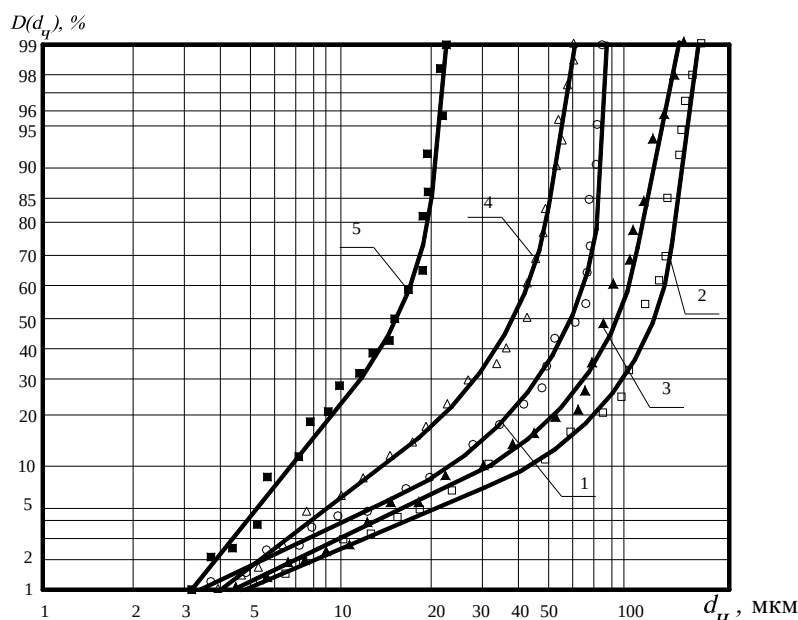


Рис. 1. Интегральные функции распределения массы по диаметрам частиц  $D(d_q)$  в вероятностно-логарифмической координатной сетке для пыли, отобранной: 1 — зонтом системы обеспыливающей вентиляции; 2 — непосредственной близости от места разгрузки; 3 — на расстоянии 2 м от места выгрузки; 4 — после первой ступени очистки; 5 — после второй ступени очистки

Представленные на рис. 1 интегральные функции распределения массы частиц пыли по диаметрам показывают, что дисперсный состав пыли характеризуется усеченным логарифмически-нормальным законом. При этом медианный диаметр  $d_{50}$  изменяется от 60 до 120 мкм. Однако 2...3 % пылевых частиц имеют размер менее 7 мкм. Учитывая, что концентрация пыли в воздухе рабочей зоны может составлять более 100 г/м<sup>3</sup>, то концентрация мелких фракций, с эквивалентным диаметром менее 7 мкм соответственно составляет 2...3 г/м<sup>3</sup>.

В последние годы в России и за рубежом из средств сухой очистки получили распространение такие аппараты инерционного типа улавливания, как вихревые пылеуловители на встречных закрученных потоках (ВЗП). Основным отличием ВЗП от пылеуловителей циклонного типа является наличие дополнительного нижнего ввода закрученного потока в сепарационную камеру. Внедрение вихревых пылеуловителей, по сравнению с циклонными, обусловлено рядом преимуществ: более высокая степень улавливания мелкодисперсной пыли; меньшая чувствительность фракционной эффективности к колебаниям расхода газа и концентрации пыли в нем; меньшая степень абра-

живного износа аппарата; большая удельная производительность; возможность более эффективной очистки горячих газов и регулирования процесса пылеулавливания изменением соотношений расходов газа через потоки, а в некоторых случаях меньшие затраты [6, 7].

В настоящий момент, с целью повышения эффективности улавливания мелких фракций пыли, применяются различные схемы многоступенчатых систем пылеулавливания с использованием аппаратов ВЗП. В качестве основных компоновочных решений используется отсос из бункерной зоны аппаратов и применение разделителей-концентраторов [8—12]. Применение подобных компоновочных схем позволяет существенно расширить область применения инерционных методов пылеулавливания на предприятиях строительной индустрии.

На рис. 2 приведена схема опытно-промышленной системы обеспыливающей вентиляции.

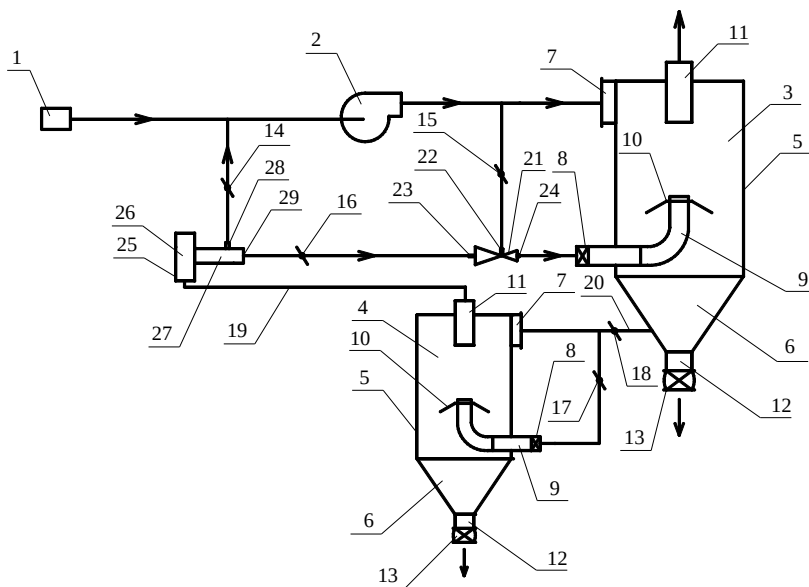


Рис. 2. Система пылеулавливания: 1 — зонт; 2 — вентилятор; 3, 4 — пылеуловители ВЗП первой и второй ступени; 5 — сепарационная камера; 6 — конический бункер; 7 — тангенциальный входной патрубок; 8 — входной завихритель; 9 — второй входной патрубок; 10 — пылеотбойная коническая шайба; 11 — осевой входной патрубок очищенного газа; 12 — пылевывпускной патрубок; 13 — шлюзовой затвор; 14—18 — заслонки; 19 — осевой патрубок выхода очищенного газа из второго пылеуловителя; 20 — патрубок выхода пылегазовой смеси; 21 — эжектор; 22 — боковой патрубок; 23 — входной патрубок; 24 — выходной патрубок; 25 — разделитель-концентратор; 26 — входная камера; 27 — вихревая цилиндрическая камера; 28 — боковой патрубок для вывода потока газа с большей концентрацией пыли; 29 — осевая труба для вывода потока газа с меньшей концентрацией пыли

Система пылеулавливания содержит два пылеуловителя 3 и 4 на встречных закрученных потоках, конический бункер 6 первого пылеуловителя 3 выполнен с патрубком выхода пылегазовой смеси 20. Система снабжена эжектором 21, включающим боковой патрубок 22, входной патрубок 23 и выходной патрубок 24, и разделителем-концентратором 25, включающим входную камеру 26, имеющую тангенциальный ввод, соединенную с вихре-

вой цилиндрической камерой 27, содержащей боковой патрубок 28 для вывода потока газа с большей концентрацией пыли и осевую трубу 29 для вывода потока газа с меньшей концентрацией пыли. Осевой патрубок выхода очищенного газа из второго пылеуловителя 4 соединен при помощи трубопровода 19 с тангенциальным вводом разделителя концентратора 25.

Предложенная система очистки запыленного газа позволяет в концентраторе-разделителе получить два потока газа с разной концентрацией частиц пыли, причем в нем происходит укрупнение высокодисперсных частиц, и направить эти потоки в первый пылеуловитель 3 таким образом, чтобы через тангенциальный входной патрубок 7 поступал поток газа с большей концентрацией пыли и двигался по винтовой линии вниз, а инжектируемый поток газа с меньшей концентрацией пыли через нижний ввод 8.

Организация отсоса пылегазовой смеси из верхней части бункера 6 первого пылеуловителя 3 способствует увеличению разрежения в нем, что интенсифицирует процессы укрупнения высокодисперсных частиц пыли, их отбрасывания к стенкам корпуса 5 и увеличивает скорость осаждения пыли в бункер 6. Таким образом, дополнительное разрежение в пылеуловителе 3 за счет отсоса пылегазовой смеси из бункерной зоны повышает эффективность и надежность его работы. Организованный из бункера 6 первого пылеуловителя 3 отсос пылегазовой смеси и ее возврат на повторную очистку обеспечивает снижение потерь улавливаемого материала, в том числе мелкодисперсной пыли.

В ходе проведенных опытно-промышленных исследований система показала общую эффективность улавливания 96,4 %. При этом в процессе разгрузки концентрация пыли в воздухе рабочей зоны на расстояниях 2 и 10 м составила соответственно 240 и 93,9 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, применение систем обеспылевающей вентиляции с пылеуловителями ВЗП и разделителями концентраторами позволяет существенно снизить пылепоступление в воздух рабочей зоны и окружающую среду при разгрузке железнодорожных вагонов с известковым щебнем.

#### **Выводы:**

1. Разгрузки железнодорожных составов с известковым щебнем сопровождаются сильным пылевыделением. Концентрации пыли на расстояниях 0,5, 2 и 10 м составляют соответственно 98,4, 73,2 и 10,6 г/м<sup>3</sup>, что многократно превышает ПДК для воздуха рабочей зоны.

2. Дисперсный состав пылевых частиц, поступающих в воздушную среду в процессе разгрузки щебня, может быть описан усеченным логарифмически-нормальным законом. Медианный диаметр изменяется от 60 до 120 мкм, 3 % пылевых частиц имеют размер менее 7 мкм.

3. С целью повышения эффективности улавливания мелких фракций пыли рационально применять схемы многоступенчатых систем пылеулавливания с использованием аппаратов ВЗП, с отсосом из бункерной зоны разделителями-концентраторами.

4. Опытно-промышленные исследования системы обеспылевающей вентиляции с пылеуловителями ВЗП и разделителями-концентраторами позволили существенно снизить пылепоступление в воздух рабочей зоны и окружающую среду при разгрузке железнодорожных вагонов с известковым щебнем.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергина Н. М., Боровков Д. П., Семенова Е. А. Совершенствование методов очистки воздуха рабочей зоны от пыли известкового щебня, выделяющейся при разгрузке железнодорожных вагонов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1471>
2. Азаров В. Н. Оценка пылевыведения от технологического оборудования // Безопасность труда в промышленности. 2003. № 7. С. 45—46.
3. Обеспечение безопасности воздушной среды помещений по производству деревянных строительных конструкций / В. Н. Азаров, П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, Д. П. Боровков // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 2 (27). Ст. 35. <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=96>
4. Экспериментальные исследования эффективности очистки древесной пыли на предприятиях строительной индустрии пылеуловителями на встречных закрученных потоках / С. И. Экба, П. А. Сидякин, Д. П. Боровков, Д. В. Азаров // Современная наука и инновации. 2013. № 2. С. 12—18.
5. Азаров В. Н. Дисперсный состав пыли как случайная функция // Объединенный научный журнал. 2003. № 6. С. 62—64.
6. Азаров В. Н. Пылеуловители со встречными закрученными потоками. Опыт внедрения. Волгоград, 2003. 150 с.
7. Совершенствование систем обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли / П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, Д. П. Боровков, Н. А. Маринин // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11 (133). С. 67—70.
8. Совершенствование систем обеспыливания на предприятиях деревообрабатывающей отрасли / П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, Д. П. Боровков, Н. А. Маринин // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11 (133). С. 67—70.
9. Исследования характера движения пылевых частиц в конической сепарационной камере пылеуловителя на встречных закрученных потоках / Экба С. И., Сидякин П. А., Янукия Э. Г., Янукия Д. Э., Боровков Д. П. // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 309.
10. Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with counter swirling flows / V. N. Azarov, D. V. Lukanin., D. P. Borovkov, A. M. Redhwan // International Review of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 8. No. 5. С. 851—856. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireme.v8i5.3455>
11. Применение раскручивателей для утилизации энергии закрученного потока в пылеуловителях на встречных закрученных потоках / Д. П. Боровков, П. А. Сидякин, С. И. Экба, Е. А. Семенова, С. В. Шульга // Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2013. Специальный выпуск. С. 105—111.
12. Исследование по оптимизации характеристик верхнего ввода пылеуловителей со встречными закрученными потоками / Д. П. Боровков, П. А. Сидякин, И. В. Бурба, С. И. Экба // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-5. С. 866—870.

© Боровков Д. П., Батманов В. П., Богомолов С. А., Бурлаченко О. В., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

О выборе схем обеспыливания и вентиляции, предназначенных для очистки воздуха рабочей зоны от известковой пыли при погрузочно-разгрузочных работах / Д. П. Боровков, В. П. Батманов, С. А. Богомолов, О. В. Бурлаченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 320—327.

Об авторах:

**Боровков Дмитрий Павлович** — д-р техн. наук, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Батманов Виктор Павлович** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [vbatmanov@mail.ru](mailto:vbatmanov@mail.ru)

**Богомолов Сергей Александрович** — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Бурлаченко Олег Васильевич** — д-р техн. наук, доцент, проректор по научной работе, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**D. P. Borovkov, V. P. Batmanov, S. A. Bogomolov, O. V. Burlachenko**

## THE CHOICE OF DEDUSTING SYSTEMS DESIGNED TO PURIFY THE AIR OF WORKING AND HANDLING ZONES FROM LIME DUST

The amount of dust emission when unloading a railway wagon with lime rubble is estimated. The data on disperse dust composition entering the air of a working area when unloading wagons with rubble is received. The authors describe the experimental scheme of dedusting ventilation system and provide the results of its testing.

**Key words:** dedusting ventilation system, rubble, dust emission.

### REFERENCES

1. Sergina N. M., Borovkov D. P., Semenova E. A. [The development of some methods of the working area air purification from crushed limestone dust appearing during the cars' dump]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering journal of Don]. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/147>
2. Azarov V. N. [Assessment of dust emission caused by processing equipment]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational safety in industry], 2003, no. 7, pp. 45—46.
3. Azarov V. N., Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Borovkov D. P. [Assurance of air environment safety in premises for production of wooden building constructions]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2013, no. 2 (27), paper 35. <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=96>
4. Ekba S. I., Sidiyakin P. A., Borovkov D. P., Azarov D. V. [Experimental study of the effectiveness of treatment of wood dust to dust collector enterprises building industry for counter corkscrew flow]. *Sovremennaya nauka i innovatsii* [Modern science and innovations], 2013, no. 2, pp. 12—18.
5. Azarov V. N. [Disperse dust composition as random function]. *Ob"edinennyi nauchnyi zhurnal* [United Scientific Journal], 2003, no. 6, pp. 62—64.
6. Azarov V. N. *Pyleuloviteli so vstrechnymi zakruchennymi potokami. Opyt vnedreniya* [Dust collectors with counter swirling flows. The experience of implementation]. Volgograd, 2003. 150 p.
7. Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Borovkov D. P., Marinin N. A. [Improvement of dust removal systems in woodworking enterprises]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative energy and ecology], 2013, no. 11 (133), pp. 67—70.
8. Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Borovkov D. P., Marinin N. A. [Improvement of dust removal systems in woodworking enterprises]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya* [Alternative energy and ecology], 2013, no. 11 (133), pp. 67—70.
9. Ekba S. I., Sidiyakin P. A., Yanukyan E. G., Yanukyan D. E., Borovkov D. P. [The researches of the nature of movement of dust particles in a conical separating chamber of a dust collector on counter swirling flows]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2014, no. 6, p. 309.
10. Azarov V. N., Lukanin D. V., Borovkov D. P., Redhwan A. M. Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with counter swirling flows. *International Review of Mechanical Engineering*, 2014, 8(5), pp. 851—856. DOI: <https://doi.org/10.15866/ireme.v8i5.3455>
11. Borovkov D. P., Sidiyakin P. A., Ekba S. I., Semenova E. A., Shulga S. V. [Application straighteners for utilization of the energy swirling flow in dust collector on the counter twisted threads]. *Sovremennye fundamental'nye i prikladnye issledovaniya* [Modern fundamental and applied researches], 2013, Special Issue, pp. 105—111.

12. Borovkov D. P., Sidyakin P. A., Burba I. V., Ekba S. I. [The research on optimization of the parameters of the upper input of dust collectors with counter swirling flow]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2013, no. 11-5, pp. 866—870.

*For citation:*

Borovkov D. P., Batmanov V. P., Bogomolov S. A., Burlachenko O. V. [The choice of dedusting systems designed to purify the air of working and handling zones from lime dust]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 320—327.

*About authors:*

**Borovkov Dmitrii Pavlovich** — Doctor of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Batmanov Viktor Pavlovich** — Doctor of Medical Science, Professor of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ybatmanov@mail.ru](mailto:ybatmanov@mail.ru)

**Bogomolov Sergei Aleksandrovich** — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Burlachenko Oleg Vasil'evich** — Doctor of Engineering Science, Docent, Vice-Rector for Scientific Work, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 712.4:911.375.5

**В. Н. Анопин**

*Волгоградский государственный технический университет*

### **ЛАНДШАФТНО-АРХИТЕКТУРНЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ ЗЕЛЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УРБОЛАНДШАФТАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ**

Рассмотрены вопросы изучения изменения компонентов естественных ландшафтов при их трансформации в урбанизированные. Представлено обоснование необходимых направлений преобразования урболандшафтов региона. Изложены особенности архитектурно-ландшафтного планирования зеленого строительства на юго-востоке европейской территории России.

**Ключевые слова:** урболандшафт, регулирование функционирования, застройка, зеленое строительство, ландшафтная архитектура.

Экологические проблемы XX—XXI веков с особой остротой обозначили проблемы рационального природопользования, охраны и оптимизации урбанизированной среды, решения вопросов выполнения мероприятий по преобразованию деградированных городских ландшафтов в культурные. Культурные урболандшафты являются средой жизни, деятельности и отдыха горожан, обеспечивая их очищенным от загрязнителей воздухом, рекреационными ресурсами, качественной питьевой водой и т. д. В процессе научно-исследовательских работ по разработке методов их создания было определено направление научного функционального подхода к изучению антропогенных и, в первую очередь, техногенных факторов, воздействующих на состояние и функционирование урболандшафтов.

Выполнение строительных работ приводит к изменению ландшафтных компонентов. В процессе роста и развития городов (новая застройка, реконструкция, прокладка подземных линий коммуникаций, строительство дорог, трамвайных линий и т. д.) происходит непрерывный процесс трансформации ландшафтов. Исходный ландшафт меняется практически на всей территории города [1]. В городах аридной зоны, где состояние даже не деградированного естественного ландшафта не обеспечивает благоприятных условий для жизни и деятельности городского населения, происходит дополнительное негативное преобразование природного комплекса.

Одним из наиболее значимых факторов воздействия на окружающую среду является выделение тепла отапливаемыми зданиями селитебной и промышленной зоны, а также городскими коммуникациями и транспортом. Оно приводит к тому, что по сравнению с окрестностями общая температура воздуха в городе (особенно в крупном) значительно повышается, возрастает количество осадков, меняется характер их выпадения и др. Поэтому в градостроительном проектировании необходимо учитывать специфические черты городского микроклимата. При этом для достижения возможности обеспечения комфортных климатических условий жизнедеятельности населения разработки следует выполнять в масштабе городов и агломераций: нормировать баланс застроенных и рекреационных территорий, проводить

соответствующее функциональное зонирование, даже изменять расположение транспортных магистралей и оптимизировать характер застройки [1—3].

Вследствие высокой концентрации людей в пределах относительно небольшой городской территории становится чрезвычайно важным соблюдение норм, регламентирующих надлежащую чистоту воздуха и воды, их химический состав и т. д. Ставившиеся в крупных городах юго-востока в семидесятые-восемидесятые годы прошлого столетия на проработку вопросы вывода сильно загрязняющих городскую среду промышленных предприятий из центральных районов на окраины [4] в настоящее время практически не рассматриваются вследствие необходимости чрезвычайно больших финансовых вложений. В последнее время значительно больше внимания уделено внедрению технологий снижения объемов различных вредных отходов, а также очистки выбросов поллютантов и стоков промышленных предприятий. Некоторые производства постепенно превращаются в малоотходные. Однако полное решение этих задач в ближайшее время проблематично.

Для достижения необходимой эффективности работ по созданию культурных ландшафтов необходимо исходить из того, что каждый из компонентов ландшафта выполняет функции регулятора состояния городской природной среды. При проведении планировки рельефа, выполнении работ, изменяющих уровень грунтовых вод, преобразовании растительности следует добиваться улучшения микроклиматических, гидрологических и других показателей.

Однако направленное преобразование рельефа и водных систем, требующее проведения крупных реконструктивных мероприятий, не всегда приемлемо. Поэтому в настоящее время преобладающим средством улучшения качества городской среды является зеленое строительство. Функции зеленых насаждений в снижении неблагоприятного воздействия окружающей среды на городское население обусловлены их способностью противостоять негативным для человека факторам как природного, так и антропогенного происхождения. К первым можно отнести — летом перегрев, чрезмерную сухость, а зимой, наоборот, переувлажнение воздуха и сильные ветры; ко вторым — вредные выбросы, слабую аэрацию застройки, шумы и др. Древесная растительность, поглощая углекислый газ и токсичные для здоровья людей эмиссии, выделяя кислород и оказывающие губительное воздействие на болезнетворные микроорганизмы фитонциды, ионизируя воздух и уменьшая воздействие на людей солнечной радиации, а также снижая запыленность атмосферы, способствует восстановлению и улучшению качественного состава воздушного бассейна города. Для обеспечения необходимого эффекта озелененные участки в городе должны быть достаточно многочисленны и правильно распределены. При этом в городах юго-востока необходимо стремиться к обеспечению органической связи системы озеленения как с определяющими ландшафтными факторами, так и с исторически сложившимися особенностями расселения, в том числе наличием значительных площадей малоэтажной застройки, планировочной структурой и архитектурой застроенной территории [2—4].

В настоящее время одной из общепринятых приоритетных концепций ландшафтной архитектуры является обеспечение максимально возможного сохранения древесных насаждений. Но в аридной зоне принятие за основу ее

положений зачастую не является рациональным вследствие невысоких защитных и особенно эстетических показателей большей части естественно произрастающей древесной и кустарниковой растительности.

Другая, противоположная концепция, основывающаяся на выполнении озелененным ландшафтом архитектурной задачи преобразования урбанизированного окружения, практически исключает задачи использования элементов естественного ландшафта. Главное в ней — художественная сторона ландшафтной архитектуры, основная цель — создание архитектурно идеализированного ландшафта. Проблематичностью ее применения является сложность реализации ландшафтных композиций в неблагоприятных лесорастительных условиях юго-востока, а также образующаяся дробная, измельченная планировка городской территории, усложняющая проведение работ зеленого строительства. При этом и с архитектурной точки зрения серия небольших замкнутых пейзажных композиций, объединенных лишь возможностью художественного восприятия озелененного объекта, часто не соответствует масштабу окружающей городской застройки [2].

Существует концепция, основанная на первоочередном обеспечении связи пространственной структуры зеленого насаждения с рельефом. В ней рельеф выступает в роли основы ландшафтного архитектурного объекта не только в лесорастительном, но и в композиционном отношении, определяя как микроклиматические характеристики участка, распределение влаги и, следовательно, состояние растительности, так и объемно-пространственную структуру озелененного пространства, видовые точки и бассейны видимости. Зеленые насаждения усиливают восприятие особенностей структуры рельефа. Однако в условиях сухостепной зоны вследствие сложности содержания зеленых насаждений в необходимом состоянии широкого применения положения этой концепции пока не получили.

В последнее время все большее признание в современной ландшафтной архитектуре и использование в зеленом строительстве получает концепция, основанная на том, что для озелененных территорий определяющими являются не только высокая степень благоустройства, но и потенциально высокий уровень всех направлений возможного целенаправленного преобразования. В практике городского зеленого строительства, применяя ее принципиальные положения, можно достичь решения многих экологических вопросов. Эта концепция основана на современном направлении в мелиоративном ландшафтоведении — создании современных «инженерных» ландшафтов с использованием мощной рекультивационной и озеленительной техники [2]. В современном зеленом строительстве она обеспечивает возможность максимальной механизации всех производственных операций.

В настоящее время в ландшафтном планировании озеленительных работ можно выделить три наиболее значимых подхода.

1. Функционально-производственный (экономический), обеспечивающий минимум расходов на снижение воздействия неблагоприятных природных факторов. Методической основой в нем являются положения инженерной географии, лесорастительного и лесомелиоративного районирования.
2. Ландшафтно-экологический, предусматривающий максимально возможное уменьшение результатов негативного воздействия на городскую среду промышленности, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства и соз-

дание благоприятных условий жизни населения. В нем ведущую роль играют разработки ландшафтной экологии.

3. Ландшафтно-эстетический с главной ролью ландшафтной архитектуры и ландшафтного дизайна, базирующийся на построении в монументальном зеленом строительстве художественных композиций и сюжетов. При использовании его в качестве основы основное внимание обычно уделяется применению стилей дворцовых, садово-парковых и историко-культурных ансамблей, а также ландшафтному дизайну [1, 2]. Но в неблагоприятных для древесной растительности условиях аридной зоны следует исходить из того, что проектирование таких ансамблей должно выполняться на базе научных положений о функционировании ландшафта, а не только с точки зрения эстетики.

Проектирование объектов ландшафтной архитектуры выполняют на основании данных, полученных при построении их идеальных моделей. Исходным положением является то, что в архитектуре применяется ограниченное число идеальных форм и закономерностей их проявления, а наблюдаемое разнообразие обусловлено сочетаниями этих форм. Создание моделей выполняют, используя физико-математические законы, принципы построения правильных геометрических фигур, их сочетаний и оптимальные соотношения их размеров. Применяют зеркальную, винтовую, радиально-лучевую, ряд кристаллических и другие виды симметрии, а также различные орнаменты. В результате обеспечивается возможность создания оптимальных моделей территориальной организации объектов зеленого строительства. В процессе создания этих моделей учитывают естественно сложившуюся структуру расселения города и агломерации в целом. При этом часто возникает необходимость схему расселения частично корректировать. Обычно ее достраивают и интерпретируют в виде правильных фигур и структур.

При планировании организационной структуры ландшафта целесообразно использование ряда установленных принципов организации территорий (экологичности, поляризации, иерархичности структур, плотной установки территориальных структур, функциональности зонирования) и создание объектов озеленения в виде шестигранников, равносторонних или равнобедренных треугольников, шестиконечных звезд и т. д. В зависимости от особенностей территории, наличия водоемов и преимущественных направлений ее использования у некоторых моделей можно локально деформировать строение, при этом кардинально не разрушая общую структурную, природную, экологическую и хозяйственную целостность ландшафта.

Художественно-эстетические показатели ландшафта оцениваются по визуальному восприятию озелененной территории как пейзажа. Основными операционными единицами, категориями и понятиями являются сюжеты, образы, композиции, завершенность форм и другие художественно-архитектурные понятия, определяющие совершенство культурного ландшафта как пейзажа. Использование в научном и художественно-эстетическом подходах к моделированию объектов зеленого строительства элементов ландшафтного дизайна обуславливает их гармонию и определенную стабильность при возможности дальнейшего совершенствования [2].

Из изложенного следует, что в условиях аридной зоны существующие концепции ландшафтной архитектуры и подходы к решению задач пространственной организации зеленого строительства в современной практике долж-

ны не исключать, а дополнять друг друга. Необходимы разработки, обеспечивающие их совместное применение.

Наиболее полный эффект восприятия достигается в тех случаях, когда в урболандшафте в целом соблюден единый архитектурный замысел и насаждения формируются как единый ансамбль со зданиями и сооружениями. Архитектурный образ ландшафтного объекта определяют ведущие компоненты ансамбля — главные и сопутствующие центры, важнейшие маршруты или магистрали. Они должны выделяться на основном фоне. Структура каждого участка объекта должна соответствовать общей композиции.

Наряду с центрами композиции в архитектурном решении ландшафтного комплекса определяют и используют главные и второстепенные композиционные оси — внутреннюю основу архитектуры объекта зеленого строительства, логически связывающую фрагменты территории. Целостность композиции достигается при условии составления всеми композиционными центрами и осями единой пространственно-визуальной системы [2].

При создании каждого объекта важно соответствие композиции планировочной ситуации. Для его достижения используют комплекс средств планировки рельефа и последующего создания, выращивания и регулирования состояния зеленых насаждений.

Выбор методов ландшафтной архитектуры определяется параметрами функционального зонирования города и агломерации. Характерные особенности каждой зоны обуславливают специфические экологические и эстетические задачи. Применяемые в каждой функциональной зоне города методы и технологии зависят от градостроительной ситуации и природных условий, обуславливающих огромное разнообразие возможных вариантов решений. Индивидуальный облик города должен формироваться в результате творческого подхода к решению задач исходя из направлений развития городского строительства.

Ландшафтная архитектура является искусством зеленого строительства, объекты которого непрерывно изменяются в процессе роста деревьев и кустарников и поэтому нуждаются в постоянном профессиональном наблюдении, оценке и проведении необходимых мероприятий. Без них ландшафтные композиции утрачивают характер произведений искусства, превращаясь просто в озелененные территории [2]. В ряду предпроектных изысканий определяющей является оценка ситуации участка озеленения как составной части работ по комплексному проектированию архитектурно-ландшафтной организации территории.

Важнейшей задачей проектировщика является достижение высокой декоративности объекта ландшафтной архитектуры не к определенному моменту времени, а в течение длительного периода функционирования зеленых насаждений. Параметры, состояние, а следовательно, и декоративные особенности деревьев и кустарников меняются с возрастом, и каждый период их роста и развития имеют свои характерные особенности. При этом декоративный эффект композиций, построенных с применением как быстро, так и медленно растущих лиственных и хвойных деревьев, в различных природных зонах достигается в разном возрасте.

При выполнении проектных работ в сухостепной зоне Нижнего Поволжья необходимо учитывать ряд закономерностей, особенности роста зеленых насаждений в урбанизированных условиях.



1. В молодом возрасте деревья и кустарники характеризуются очень быстрым ростом; стабилизация прироста у различных видов наблюдается в 3—8 лет, после чего рост насаждений замедляется.

2. Древесные и кустарниковые породы отличаются быстрым развитием, проявляющимся в более раннем вступлении в стадию цветения и плодоношения; в результате ускоряется время начала их практического использования и максимального проявления декоративности; наиболее декоративны древесные и кустарниковые насаждения весной.

3. Продолжительность жизни зеленых насаждений в 2—3 раза меньше, чем в умеренной зоне.

4. Низкая относительная влажность, высокая температура воздуха и недостаток влаги в почве обуславливают низкоствольность деревьев, сучковатость, большое количество скелетных ветвей; значительно лучшие относительные показатели имеют кустарники.

5. Мужские экземпляры двудомных растений (тополей, ясеня ланцетного, клена ясенелистного, бархата амурского, облепихи крушиновидной) более устойчивы и, как правило, на 1,5...2 метра выше женских [5].

Проект озеленения должен предусматривать использование значительного количества видов высокодекоративных деревьев и кустарников, посадку которых целесообразно производить относительно плотными, но небольшими по площади группами. Ландшафтные композиции, основывающиеся на сочетании пород деревьев и кустарников со сходной ритмикой биологического развития и «эстетической согласованностью» их формы, структуры и цвета, следует разрабатывать исходя из изменения во времени декоративности деревьев и кустарников.

Проведение ландшафтно-архитектурного обустройства городской территории необходимо выполнять с обязательным учетом ее естественных ландшафтных особенностей, функциональности и экологичности создаваемых культурных ландшафтов. Объекты ландшафтной архитектуры могут соответствовать замыслу только при условии хорошего состояния древесной растительности. Их планирование должно быть выполнено с учетом положений прикладного ландшафтоведения.

Теоретические положения ландшафтной экологии и ландшафтного зеленого строительства должны использоваться в качестве основы, обеспечивая соответствие методов выполняемых разработок традиционным подходам в интеграционных экологических исследованиях [6, 7] и определяя их функциональное, хронологическое, динамическое и прикладное направления.

К настоящему времени выполнено большое количество разработок по восстановлению и улучшению состояния деградированных и нарушенных геосистем. При выполнении исследований установлено, что проведение отдельных мелиоративных мероприятий на урбанизированных территориях, в сильной степени подвергшихся неблагоприятному антропогенному воздействию, как правило, не обеспечивает достаточного эффекта. Более результативной является комплексная рекультивация природных компонентов всего связанного биогеохимическими процессами участка земной поверхности, т. е. элемента ландшафта. Целенаправленные мероприятия должны выполняться с учетом как особенностей элементов ландшафтов и их компонентов, так и общих характеристик ландшафтных систем [6].

В соответствии с экологическим законом внутреннего динамического равновесия экосистем вещество и энергия взаимосвязаны: любое их изменение вызывает сопутствующие функционально-структурные перемены по иерархическим цепям [6, 8]. Согласно В. Н. Солнцеву [9], «каждый компонент ландшафта — в равной степени необходимое условие протекания целостного взаимодействия и, вместе с тем, закономерное его следствие». Интенсификация природопользования часто сопровождается нарушением внутренних связей систем, образованием дисбаланса в соотношении различных видов городских территорий и, в итоге, приводит к возникновению противоречий внутри систем, в результате которых процессы, происходящие в одних элементах ландшафта (например, загрязнение почв вблизи автомагистралей, предприятий химического и металлургического профилей), порождают негативные последствия в других (ухудшение качества грунтовых вод, вод рек и водохранилищ).

В процессе поиска направлений оптимальной природно-экологической адаптации природопользовательских подсистем (структура расселения, элементы благоустройства, акватории и др.) ландшафт должен быть дифференцирован до уровня урочищ и фаций. Далее они служат неделимыми организационными элементами территории и используются в качестве рабочих участков для размещения различных видов зеленых насаждений. Их параметры и характер размещения должны соответствовать как территориально-генетическому сопряжению компонентов, отвечающих структурным единицам (форма рельефа, величина уклона, экспозиция склона, почвы, почвообразующая и подстилающая породы, грунтовые воды и др.), так и особенностям застройки.

Результаты научных исследований свидетельствуют о низкой устойчивости слабо пространственно дифференцированных ландшафтов аридной зоны. Поэтому для поддержания динамики устойчивого состояния биогеосистем, снижения интенсивности процессов деградации биоты, предупреждения опустынивания, восстановления деградированной среды и последующего улучшения ее состояния необходимо увеличение разнообразия составляющих их компонентов проведением адаптивного преобразования ландшафтов, т. е. созданием устойчивых озелененных урболандшафтов, включающих все виды элементов благоустройства.

Характер регуляции каждого ландшафта обуславливает количественные и качественные параметры его биоты [10]. Системы зеленых насаждений, обладая стабилизирующим биогеофизическим воздействием на окружающее пространство, способствуют восстановлению и дальнейшему улучшению компонентов ландшафта и являются основой адаптивной организации природопользования городских и пригородных территорий.

Соблюдение адаптивно-ландшафтного принципа регулирования происходящих в рекультивированном урболандшафте процессов, обуславливающее возможность его эффективного и стабильного функционирования как устойчивой экологической системы, предполагает систему мероприятий, обеспечивающих динамически равновесный ход процессов обмена вещества и энергии, преобладание восстановления ресурсов над их расходом [7, 10]. Однако в практике зеленого строительства региона формируемая структура урболандшафтов в основном направлена на сохранение определенного каче-

ственного состояния геосистем и не всегда обеспечивает развитие природных основ ландшафта, а нередко и входит в противоречие с задачами рационального преобразования окружающей среды. В существующей системе городского хозяйства это может способствовать созданию сложной экологической ситуации.

Для ее предотвращения необходимы мероприятия по регулированию функционирования культурных урболандшафтов, в первую очередь работы по улучшению состояния зеленых насаждений [11]. В городах юго-востока одним из наиболее значимых из них является обрезка зеленых насаждений. Вопросы декоративной обрезки деревьев и кустарников, а также создания живых изгородей и бордюров проработаны и освещены в многочисленной литературе [12, 13 и др.]. В значительно меньшей степени обоснованы проводимые в настоящее время в городах Волгоградской агломерации интенсивные обрезки омоложения — срезание на высоте 3,5...4,0 м крон достаточно декоративных без признаков суховершинности деревьев. Ряд оппонентов резко критикуют этот прием [14 и др.]. В связи с этим нами было проведено изучение влияния обрезок на состояние зеленых насаждений.

Исследования проводили в аналогичном лесопарковому 55-летнем непыльном насаждении из вяза приземистого и робинии лжеакация в районе стадиона «Монолит» г. Волгограда. Грунтовые воды участка не засолены и находятся на корневоступной глубине. Результаты измерения биометрических показателей насаждений приведены в табл.

*Влияние обрезки омоложения на биометрические показатели насаждения*

| Древесная порода  | Без обрезки омоложения (контроль) |             |                  | С обрезкой омоложения |             |                  |
|-------------------|-----------------------------------|-------------|------------------|-----------------------|-------------|------------------|
|                   | Высота, м                         | Диаметр, см | Сомкнутость крон | Высота, м             | Диаметр, см | Сомкнутость крон |
| Робиния лжеакация | 18,0±0,1                          | 28,1±0,6    | 0,6              | 17,0±0,1              | 26,9±0,8    | 0,7              |
| Вяз приземистый   | 17,0±0,1                          | 28,7±0,8    | 0,6              | 16,8±0,1              | 27,5±1,7    | 0,7              |

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в варианте с омолаживающей обрезкой вследствие более быстрого последующего роста и робинии лжеакация, и вяз приземистый в течение 15 лет почти достигли высоты и диаметра насаждения без рубок. На участке с обрезкой у робинии на 0,1, а у вяза на 0,2 увеличилась сомкнутость крон, но при этом резко возросла дифференциация деревьев по диаметру, что не может быть оценено положительно. Проведением омолаживающих обрезок можно достичь некоторого повышения декоративности насаждения и улучшения микроклимата под его пологом. Но результаты наблюдений на других объектах свидетельствовали, что периодичность этих мероприятий должна быть не менее 15 лет.

Другим важным мероприятием по сохранению хорошего состояния зеленых насаждений является регулирование рекреационной нагрузки. Учитывая, что в регионах с жарким засушливым климатом, в т. ч. в Волгоградской агломерации, большую часть времени отдыха население проводит на природе вблизи водоемов [15 и др.], состояние зеленых насаждений исследовали на

берегах Волги в непосредственной близости от пляжей. В результате установлено, что интенсивность воздействия отдыхающих зависит не только от величины рекреационной нагрузки, но нередко даже в большей степени от сочетания природных факторов. Так, в нижней части коренного берега Волги на среднесуглинистых почвах при корнедоступных грунтовых водах 20-летние тополевые культуры и 50-летние насаждения вяза приземистого, несмотря на очень высокую рекреационную нагрузку (проективное покрытие травянистой растительностью менее 40 %), имели вполне удовлетворительное состояние. Тополя достигли средней высоты 10,9 м (IV бонитет) и диаметра 12,0 см, вяз приземистый — соответственно 12,0 м (III бонитет) и 21,6 см при суховершинности не более 10 %.

В средней части берегового склона расположенное на небольшой террасе 50-летнее лесонасаждение, имеющее умеренную рекреационную нагрузку (тропинки 3 % от общей площади), характеризовалось отличным состоянием и достаточно высокой аттрактивностью. Робиния лжеакация росла по III бонитету (средняя высота 12 м, диаметр 17,6 см), вяз приземистый — по IV бонитету (соответственно 10 м и 12 см). Двухлетняя ива белая достигла высоты 10,2 м (IV бонитет) и диаметра 12 см, заросли тамарикса ветвистого имели высоту 2 м. Еще лучше было состояние 50-летнего насаждения на коренном берегу Волги, расположенного по обеим сторонам асфальтированной дорожки, идущей к пляжу. При полном отсутствии суховершинности вяз приземистый имел среднюю высоту 13,9 м (III бонитет), диаметр 28,1 см, ива белая — соответственно 13,3 м (V бонитет) и 24,6 см.

Насаждения, расположенные выше бровки берега на участке с отсутствием притока в ризосферу растений грунтовой влаги, отличались значительно более худшим состоянием, несмотря на низкую рекреационную нагрузку. Робиния лжеакация при 80%-й суховершинности имела среднюю высоту только 9,0 м (V бонитет), диаметр 21,2 см, вяз приземистый при суховершинности 75 % — 8,0 м (V бонитет) и 21,5 см.

Таким образом, подход к разработке мероприятий по проведению работ зеленого строительства в городах и агломерациях аридной зоны должен в равной степени учитывать особенности ее географических условий, ландшафтной архитектуры и адаптивного ландшафтоведения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анопин В. Н., Матовникова Н. Г., Матовников С. А. Архитектурно-планировочные и адаптивно-ландшафтные основы зеленого строительства на территории Волгоградской агломерации. Волгоград: ВолГАСУ, 2012. 159 с.
2. Озеленение населенных мест. Справочник / под ред. В. И. Ерохиной и др. М.: Стройиздат, 1987. 480 с.
3. Горшков С. П. Экзодинамика освоенных территорий: автореф... д-ра геогр. наук. М., 1982. 46 с.
4. Анопин В. Н. Географические основы лесной рекультивации деградированных урбо-ландшафтов Нижнего Поволжья. Волгоград: ВолГАСУ, 2005. 169 с.
5. Рекомендации по озеленению Волгограда. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1975. 39 с.
6. Сочава В. Б. Геотопология как раздел учета о геосистемах // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1974. С. 54—86.
7. Авдоткин Л. Н., Лежашва И. Г., Смоляр И. М. Градостроительное проектирование. М.: Стройиздат, 1989. 432 с.
8. Виноградов Б. В. Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
9. Солнцев В. Н. Системная организация ландшафтов. М.: Мысль, 1981. 239 с.

10. Казаков Л. К. *Ландшафтоведение: учебник*. М.: Академия, 2011. 336 с.
11. Анопин В. Н., Рулев А. С. *Картографирование деградированных ландшафтов Нижнего Поволжья*. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. 168 с.
12. Горошкина Т. К. *Растения в городе*. Л., 1991. 148 с.
13. Попов А. М., Северин С. И., Лахно Е. С. *Озеленение городов*. Киев, 1966. 343 с.
14. Семенютина А. В. К вопросу об обрезке вяза приземистого в городских насаждениях // Проблемы озеленения: градостроительные, экологические, санитарно-гигиенические аспекты: тезисы докладов науч.-практич. конф. Волгоград, 1995. С. 61—64.
15. Тарасов А. И. *Рекреационное лесопользование*. М., 1986. 176 с.

© Анопин В. Н., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Анопин В. Н. Ландшафтно-архитектурный подход к планированию зеленого строительства в урбо-ландшафтах аридной зоны // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 328—338.

Об авторе:

**Анопин Владимир Николаевич** — д-р географ. наук, проф., проф. кафедры гидротехнических и земляных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [AnopinVI.Nik.48@yandex.ru](mailto:AnopinVI.Nik.48@yandex.ru)

**V. N. Anopin**

## LANDSCAPE AND ARCHITECTURAL APPROACH TO THE PLANNING OF GREEN CONSTRUCTION IN URBAN LANDSCAPE OF ARID ZONE

The issues of study of changes in the components of natural landscapes when transforming into urbanized ones are considered. The article provides justification of the essential areas of transformation of the regional urban landscapes. Peculiarities of architectural and landscape planning of green construction in the South-East of European Russia are discussed.

**Key words:** urban landscape, regulation of the functioning, building, green construction, landscape architecture.

### REFERENCES

1. Anopin V. N., Matovnikova N. G., Matovnikov S. A. *Arkhitekturno-planirovochnye i adaptivno-landshaftnye osnovy zelenogo stroitel'stva na territorii Volgogradskoi aglomeratsii* [Architectural-planning and adaptive-landscape principles of green construction on the territory of Volgograd agglomeration]. Volgograd, VSUACE Publ., 2012. 159 p.
2. Erokhina V. I. (ed.). *Ozelenenie naselennykh mest. Spravochnik* [Greening of populated areas. Reference book]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1987. 480 p.
3. Gorshkov S. P. *Ekzodinamika osvoennykh territorii: avtoref. dis... d-ra geogr. nauk* [Exodynamics of the developed territories. Cand. Geography Diss.]. Moscow, 1982. 46 p.
4. Anopin V. N. *Geograficheskie osnovy lesnoi rekul'tivatsii degradirovannykh urbolandshaftov Nizhnego Povolzh'ya* [Geographical bases of forest recultivation of degraded urban landscapes in the Lower Volga Region]. Volgograd, VSUACE Publ., 2005. 169 p.
5. *Rekomendatsii po ozeleneniyu Volgograda* [Recommendations on greening in Volgograd]. Volgograd, VNIALMI Publ., 1975. 39 p.
6. Sochava V. B. [Geotopology as sector of study about geosystems]. *Topologicheskie aspekty ucheniya o geosistemakh* [Topological aspects of study about geosystems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974. Pp. 54—86.
7. Avdot'in L. N., Lezhava I. G., Smolyar I. M. *Gradostroitel'noe proektirovanie* [Town planning]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1989. 432 p.

8. Vinogradov B. V. *Osnovy landshaftnoi ekologii* [Principles of landscape ecology]. Moscow, GEOS, 1998. 418 p.
9. Solntsev V. N. *Sistemnaya organizatsiya landshaftov* [System arrangement of landscapes]. Moscow, Mysl' Publ., 1981. 239 p.
10. Kazakov L. K. *Landshaftovedenie: uchebnik* [Landscape science: tutorial]. Moscow, Akademiya Publ., 2011. 336 p.
11. Anopin V. N., Rulev A. S. *Kartografirovaniye degradirovannykh landshaftov Nizhnego Povolzh'ya* [Mapping of Degraded Landscapes of Lower Volga Region]. Volgograd, VSUACE Publ., 2007. 168 p.
12. Goroshkina T. K. *Rasteniya v gorode* [Plants in the city]. Leningrad, 1991. 148 p.
13. Popov A. M., Severin S. I., Lakhno E. S. *Ozelenenie gorodov* [Greening of cities]. Kiev, 1966. 343 p.
14. Semenyutina A. V. [Towards the issue of Siberian elm trimming in city planting]. *Problemy ozeleneniya: gradostroitel'nye, ekologicheskie, sanitarno-gigienicheskie aspekty: tezisy dokladov nauch.-praktich. konf.* [Problems of greening: town-planning, ecological, sanitary and hygienic aspects: scientific conference abstracts]. Volgograd, 1995. Pp. 61—64.
16. Tarasov A. I. *Rekreatsionnoe lesoispol'zovanie* [Recreational forest utilization]. Moscow, 1986. 176 p.

*For citation:*

Anopin V. N. [Landscape and architectural approach to the planning of green construction in urban landscape of arid zone]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 328—338.

*About author:*

**Anopin Vladimir Nikolaevich** — Doctor of Geographic Science, Professor, Professor of Hydraulic and Earthwork Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [AnopinVI.Nik.48@yandex.ru](mailto:AnopinVI.Nik.48@yandex.ru)

УДК 502:621.311.22

**В. И. Воробьев, Ф. Ф. Лейчу**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Человечество в своей деятельности использует тепловую и электрическую энергию, более 80 % которой получены за счет сжигания разных видов топлива. Тепловые энергетические предприятия (ТЭП) в качестве топлива применяют природный и попутный газ, продукты переработки нефти (мазут и другое жидкое топливо), каменный и бурый угли, горючие сланцы, торф (твердое топливо). Сгорание жидкого и твердого видов топлива сопровождается образованием вредных газов (диоксида серы и оксидов азота), возможно образование пылевых аэрозолей, золы. ТЭП являются основными загрязнителями атмосферы. Зола, получающаяся после сжигания жидкого и особенно твердого топлива, является многотоннажным отходом энергетики и требует обязательной утилизации.

Нормальное функционирование ТЭП связано с использованием транспортных средств, поэтому природная среда загрязняется и за счет работы этих средств.

В статье приведены данные интенсивности выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от сжигания топлива, влияние на человека и окружающую среду.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** ТЭП, электроэнергия, влияние выбросов, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.

**Выбросы теплоэнергетических объектов и их распространение.** Неуклонный рост поступлений токсичных веществ в окружающую среду отражается на здоровье населения Земли, ухудшает качество продукции сельского хозяйства, снижает урожайность, оказывает влияние на климатические условия отдельных регионов мира, состояние озонового слоя Земли, приводит к гибели флоры и фауны.

Для сооружения крупного ТЭП в среднем необходима площадь около 2,3 км<sup>2</sup>, не считая золоотвалов и водохранилищ охладителей, а с их учетом — 3...4 км<sup>2</sup>. На этой территории изменяется рельеф местности, структура почвенного слоя и экологическое равновесие. Крупные градирни существенно увлажняют микроклимат в районе станции, способствуют образованию низкой облачности, туманов, снижению солнечной освещенности, вызывают морозящие дожди, а в зимнее время иней и гололед. Предприятия сбрасывают в водоемы большое количество теплоты, повышают температуру воды и оказывают влияние на форму и среду водоемов [1—4].

Воздействие ТЭП на окружающую среду весьма разнообразно и определяется в основном типом энергоустановок. Считается, что для конденсации пара на каждую турбину типа К-300-240 требуется до 10 м<sup>3</sup>/с воды, а для турбины К-800-240 — уже 22 м<sup>3</sup>/с, и все это количество воды покидает конденсатор с температурой не менее 30 °С.

Рассмотрим основные факторы и особенности воздействия на окружающую среду электростанций традиционного типа в зависимости от используемого топлива (рис. 1).

В первую очередь при анализе взаимодействия теплоэнергетики и окружающей среды должны быть рассмотрены элементарные процессы, происходящие при сжигании топлива (в особенности органического), так как при

этом образуется большое количество вредных соединений (оксиды азота, серы, сажа, соединения свинца, водяной пар).

Различные компоненты продуктов сгорания топлива, выбрасываемые в атмосферу, гидросферу, литосферу и во время пребывания ведущие себя по-разному (изменяется температура, свойства), называются примесными выбросами.



Рис. 1. Основные факторы воздействия теплоэнергетических предприятий на окружающую среду

При выходе в атмосферу, выбросы содержат продукты реакций в твердой, жидкой и газообразной фазах. После выпадения выбросы могут проявляться в виде: осаждения тяжелых фракций, распада на компоненты по массе и размерам, химических реакций с компонентами воздуха, взаимодействия с воздушными течениями, с облаками, с атмосферными осадками, фотохимических реакций. В результате состав выбросов может существенно измениться, могут появиться новые компоненты, поведение и свойства которых (в частности токсичность, активность, способность к новым реакциям) могут значительно отличаться от данных.

**Воздействие на атмосферу при сжигании твердого топлива.** Предприятия угольной промышленности оказывают существенное отрицательное влияние на водные и земельные ресурсы. Основные источники выброса вредных веществ в атмосферу — промышленные, вентиляционные и аспирационные системы шахт и обогатительных фабрик и др. Загрязнение воздушного бассейна в процессе открытой и подземной добычи угля, транспортировки и обогащения каменного угля вызвано буровзрывными работами, работой двигателей внутреннего сгорания и котельных, пылением угольных складов и породных отвалов и другими источниками.

В 2002 г. объем выбросов вредных веществ в атмосферу от предприятий отрасли возрос относительно 1995 г. на 30 %, главным образом из-за вновь учитываемых выбросов метана от вентиляционных и дегазационных установок на шахтах.

По объему выбросов вредных веществ угольная отрасль занимает шестое место в промышленности Российской Федерации (вклад на уровне 5 %). Степень улавливания и обезвреживания загрязняющих веществ крайне низка (9,1 %), при этом не улавливаются углеводороды и ЛОС.



В 2002 г. выросли выбросы углеводородов (на 45,5 тыс. т), метана (на 40,6 тыс. т), сажи (на 1,7 тыс. т), ряда других веществ; отмечено снижение выбросов ЛОС (на 5,2 тыс. т), диоксида серы (на 2,8 тыс. т), твердых веществ (на 2,2 тыс. т).

Зольность угля, поступающего от отдельных поставщиков на ТЭП, превышает 79 % (в Великобритании она в соответствии с законодательством — 22 %, в США — 9 %). И увеличение выброса летучей золы в атмосферу продолжается. Между тем электрофильтры для золоулавливания производят лишь один Семибратовский завод, удовлетворяя ежегодные потребности в них не более чем на 5 % [3, 4].

ТЭП, работающие на твердом топливе, интенсивно выбрасывают в атмосферу продукты угля и сланцев, содержащих до 50 % негорючей массы и вредных примесей, удельный вес которых в электробалансе страны составляет 79 %. Они потребляют до 25 % добываемого твердого топлива и сбрасывают в среду обитания человека более 15 млн т золы, шлаков и газообразных веществ.

При сжигании твердого топлива в котлоагрегатах ТЭС и ТЭЦ образуется большое количество золы, диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ), оксидов азота.

Современные ТЭП мощностью 2,4 млн кВт расходуют до 20 тысяч тонн угля в сутки и выбрасывают в атмосферу: 680 т  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ , 200 т оксидов азота, 120...240 т золы, пыли, сажи (данные числовые значения приведены для процентного содержания серы в исходном топливе 1,7 % и при эффективности системы пылеулавливания 94...98 % [5, 2].

Исследования института им. Ф. Ф. Эрисмана и Института экологической стратегии показали, что вблизи мощных станций и центральных в атмосферу выбрасывается 280...360 т  $\text{SO}_2$  в сутки. Зависимость суточной концентрации выбросов веществ с подветренной стороны на расстояниях показана в табл. 1. Выбросы очень хорошо разносятся на расстояние и, естественно, наблюдается пропорциональное уменьшение его концентрации при удалении от очага загрязнений.

Т а б л и ц а 1

| Расстояние от трубы, км           | Сернистый газ, мг/м <sup>3</sup> | Сероводород, мг/м <sup>3</sup> | Окислы азота, мг/м <sup>3</sup> | Окись углерода, мг/м <sup>3</sup> | Зола, мг/м <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1                                 | 6,02                             | 0,002                          | 1,95                            | 7,2                               | 1,2                     |
| 3                                 | 1,47                             | 0,008                          | 1,30                            | 16,0                              | 3,4                     |
| 5                                 | 1,22                             | 0,008                          | 0,05                            | 13,3                              | 1,2                     |
| 7                                 | 1,12                             | 0,03                           | 1,3                             | 13,0                              | 2,4                     |
| 15                                | 0,22                             | 0,002                          | 0,03                            | 4,0                               | 0,27                    |
| Предельно допустимая концентрация | 0,5                              | 0,008                          | 0,085                           | 3,0                               | 0,5                     |

Также подсчитано, что ТЭП выделяют 46 % всего сернистого ангидрида и 25 % угольной пыли, выбрасываемой в атмосферу промышленными предприятиями. Причиной загрязнений такого масштаба является развитие экологически несостоятельных технологических процессов, то есть таких, которые

создают удовлетворение потребностей человека в тепловой и электрической энергии, но одновременно с этим и недопустимое загрязнение окружающей среды. Эти процессы развиваются без принятия эффективных мер, предупреждающих загрязнение атмосферы.

Особенно опасны сернистый ангидрид, диоксид серы и оксиды азота, выделяемые в атмосферу, поскольку они переносятся на большие расстояния и осаждаются, в частности, с осадками на поверхность земли, загрязняя гидросферу и литосферу. Одним из особенно ярких проявлений этого являются кислотные дожди. Они образуются вследствие поступлений от сгорающего топлива и уходящих в атмосферу на большую высоту дымовых газов, в основном двуокиси серы и оксидов азота. Получающиеся при этом в атмосфере слабые растворы серной и азотной кислоты могут выпадать в виде осадков, иногда через несколько дней в сотнях километров от источника выделения.

**Влияние на атмосферу сжигания жидкого топлива.** При сжигании жидких топлив (мазута) с дымовыми газами в атмосферный воздух поступают сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, газообразные и твердые продукты неполного сгорания топлива, соединения ванадия, солей натрия, а также вещества, удаляемые с поверхности котлов при чистке. С экологических позиций жидкое топливо обладает более «гигиеническими» свойствами: отпадает проблема золоотвалов, которые занимают значительные территории, исключают их полезное использование и являются источником постоянных загрязнений атмосферы и районе станции из-за уноса золы с ветрами. В продуктах сгорания жидких видов топлива отсутствует летучая зола. Применение двухтопливных гибридных камер сгорания вместо традиционных однозонных диффузионных КС с использованием частичного замещения части углеводородного топлива водородом (6 % от массы углеводородного топлива) снижает расход нефтяного топлива на 17...20 %, уровни выброса частиц сажи — на порядок, бензопирена — в 10...15 раз, оксидов азота — в 5 раз [6, 7].

В большинстве стран запрещено сжигание нефтяного топлива с сернистостью выше 0,5 %, в России же половина солянки не укладывается в этот норматив, а сернистость котельного топлива достигает 3 %.

Сжигать нефть, говоря словами Д. И. Менделеева, все равно, что топить печь ассигнациями. Поэтому доля использования жидкого топлива в энергетике за последние годы существенно снижается. Зарождающаяся тенденция будет в дальнейшем усиливаться в связи с существенным расширением использования жидкого топлива в других областях народного хозяйства: на транспорте, в химической промышленности, в том числе в производстве пластмасс, смазочных материалов, предметов бытовой химии и т. д.

**Влияние на окружающую среду при сжигании природного газа.** По экологическим критериям природный газ — наиболее оптимальное топливо. В продуктах сгорания отсутствуют зола, копоть и такие канцерогены, как бензопирен.

При сжигании газа единственным существенным загрязнителем атмосферы остаются окислы азота. Однако выброс оксидов азота при сжигании на ТЭС природного газа в среднем на 20 % ниже, чем при сжигании угля. Это объясняется не свойствами самого топлива, а особенностями процессов сжигания. Коэффициент избытка воздуха при сжигании угля ниже, чем при сжигании природного газа. Таким образом, природный газ — наиболее экологи-

чески чистый вид энергетического топлива и по выделению оксидов азота в процессе горения.

**Изменения в окружающей среде при транспортировке газа.** Современный магистральный трубопровод представляет собой сложное инженерное сооружение, которое, помимо линейной части (собственно трубопровода), включает в себя установки для подготовки нефти или газа к перекачке, насосные и компрессорные станции, резервуарные парки, линии связи, систему электрохимической защиты, дороги, идущие вдоль трассы, и подъезды к ним, а также временные жилые поселки эксплуатационников.

Существенному загрязнению подвергается атмосферный воздух вследствие потерь от больших и малых «дыханий» резервуаров, утечек газа и т. д.

Загрязнение атмосферы в результате аварийного выброса газа или сжигания нефти и нефтепродуктов, разлитых на поверхности при аварии, характеризуется значительно меньшим периодом воздействия, и его можно отнести к кратковременному.

Оксиды азота практически не взаимодействуют с другими веществами в атмосфере, и время их существования почти не ограничено.

Сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ ) — один из токсичных газообразных выбросов теплоэнергоустановок, с небольшой продолжительностью пребывания в атмосфере, в присутствии кислорода воздуха ( $\text{O}_2$ ) доокисляется до  $\text{SO}_3$  и, вступая в реакцию с водой ( $\text{H}_2\text{O}$ ), образует слабый раствор серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). В процессе горения в атмосфере кислорода воздуха азот, в свою очередь, образует ряд соединений:  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

В присутствии влаги  $\text{NO}_2$  легко вступает во взаимодействие с кислородом воздуха, образуя азотную кислоту ( $\text{HNO}_3$ ), что приводит к так называемым «кислотным дождям».

В качестве примера\* рассмотрим выбросы в течение 5 лет в Южном федеральном округе (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

*Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от сжигания топлива, тыс. т*

| Год  | Наименование вещества                           | Республика<br>Адыгея | Республика<br>Калмыкия | Краснодарский<br>край | Астраханская<br>область | Волгоградская<br>область | Ростовская<br>область | Южный<br>федеральный<br>округ<br>(с 2010 года) |
|------|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| 2010 | Твердые вещества                                | 0,06                 | 0,01                   | 0,65                  | 0,35                    | 0,49                     | 25,92                 | 27,47                                          |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)   |                      | 0                      | 0,03                  | 0,07                    | 0,05                     | 0,18                  | 0,71                                           |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на $\text{NO}_2$ ) | 0,09                 | 0,09                   | 5,67                  | 4,68                    | 15,08                    | 27,48                 | 53,09                                          |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)            | 0,02                 | 0,03                   | 2,12                  | 1,41                    | 0,6                      | 44,04                 | 48,23                                          |
|      | Углерод оксид                                   | 0,43                 | 0,65                   | 11,62                 | 2,28                    | 5,67                     | 10,19                 | 30,84                                          |

\* Центральная База Статистических Данных — <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/#1>  
Институт энергетической стратегии —  
[http://www.energystrategy.ru/stat\\_analit/stat\\_analit.htm](http://www.energystrategy.ru/stat_analit/stat_analit.htm)

Окончание табл. 2

| Год  | Наименование вещества                             | Республика<br>Адыгея | Республика<br>Калмыкия | Краснодарский<br>край | Астраханская<br>область | Волгоградская<br>область | Ростовская<br>область | Южный<br>федеральный<br>округ<br>(с 2010 года) |
|------|---------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| 2011 | Твердые вещества                                  | 0,07                 | 0                      | 0,57                  | 0,33                    | 0,33                     | 21,69                 | 22,99                                          |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)     | 0                    | 0                      | 0,07                  | 0,05                    | 0,2                      | 0,36                  | 0,69                                           |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на NO <sub>2</sub> ) | 0,13                 | 0,11                   | 5,82                  | 3,83                    | 15,77                    | 23,3                  | 48,95                                          |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)              | 0,02                 | 0,03                   | 2,18                  | 0,96                    | 0,97                     | 45,16                 | 49,32                                          |
|      | Углерод оксид                                     | 0,49                 | 0,81                   | 10,15                 | 3,13                    | 6,14                     | 10,45                 | 31,16                                          |
| 2012 | Твердые вещества                                  | 0,06                 | 0                      | 0,93                  | 0,36                    | 0,36                     | 27,89                 | 29,61                                          |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)     | 0                    | 0                      | 0,14                  | 0,09                    | 0,07                     | 0,49                  | 0,79                                           |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на NO <sub>2</sub> ) | 0,12                 | 0,1                    | 6,82                  | 3,89                    | 15,52                    | 37,97                 | 64,42                                          |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)              | 0,02                 | 0,03                   | 2,61                  | 0,77                    | 0,53                     | 63,05                 | 67                                             |
|      | Углерод оксид                                     | 0,48                 | 0,47                   | 12,5                  | 3,77                    | 7,21                     | 10,77                 | 35,2                                           |
| 2013 | Твердые веществ                                   | 0,12                 | 0                      | 0,83                  | 0,38                    | 0,37                     | 30,16                 | 31,86                                          |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)     | 0                    | 0,01                   | 0,4                   | 0,24                    | 0,1                      | 0,53                  | 1,27                                           |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на NO <sub>2</sub> ) | 0,18                 | 0,12                   | 8,14                  | 4,16                    | 14,35                    | 20,72                 | 47,67                                          |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)              | 0,02                 | 0,01                   | 2,38                  | 0,86                    | 0,37                     | 68,53                 | 72,17                                          |
|      | Углерод оксид                                     | 0,65                 | 0,83                   | 13,19                 | 4,18                    | 7,12                     | 10,26                 | 36,23                                          |
| 2014 | Твердые вещества                                  | 0,134                | 0,002                  | 1,081                 | 0,399                   | 0,305                    | 37,003                | 38,923                                         |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)     | 0,001                | 0,024                  | 0,643                 | 0,23                    | 0,067                    | 0,435                 | 1,4                                            |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на NO <sub>2</sub> ) | 0,198                | 0,153                  | 8,94                  | 3,118                   | 14,079                   | 22,459                | 48,948                                         |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)              | 0,017                | 0,004                  | 3,31                  | 0,993                   | 0,364                    | 53,908                | 58,597                                         |
|      | Углерод оксид                                     | 0,915                | 0,911                  | 15,103                | 4,047                   | 7,197                    | 10,546                | 38,719                                         |
| 2015 | Твердые вещества                                  | 0,131                | 0,003                  | 1,083                 | 0,37                    | 0,297                    | 29,392                | 31,276                                         |
|      | Углеводороды с учетом ЛОС<br>(исключая метан)     | 0,003                | 0,01                   | 0,837                 | 0,107                   | 0,09                     | 0,57                  | 1,618                                          |
|      | Оксиды азота (в пересчете<br>на NO <sub>2</sub> ) | 0,257                | 0,129                  | 9,159                 | 2,976                   | 14,497                   | 19,426                | 46,444                                         |
|      | Сера диоксид (ангидрид<br>сернистый)              | 0,019                | 0,006                  | 2,855                 | 0,833                   | 0,673                    | 33,635                | 38,02                                          |
|      | Углерод оксид                                     | 1,104                | 0,906                  | 15,629                | 3,894                   | 7,364                    | 9,928                 | 38,825                                         |

На графике (рис. 2) выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ наблюдается уменьшение выбросов диоксида серы и твердых веществ, что говорит о переходе ряда энергетических предприятий на использование природного газа и, соответственно, новых газовых турбин типа ГТ-35-770 и др.

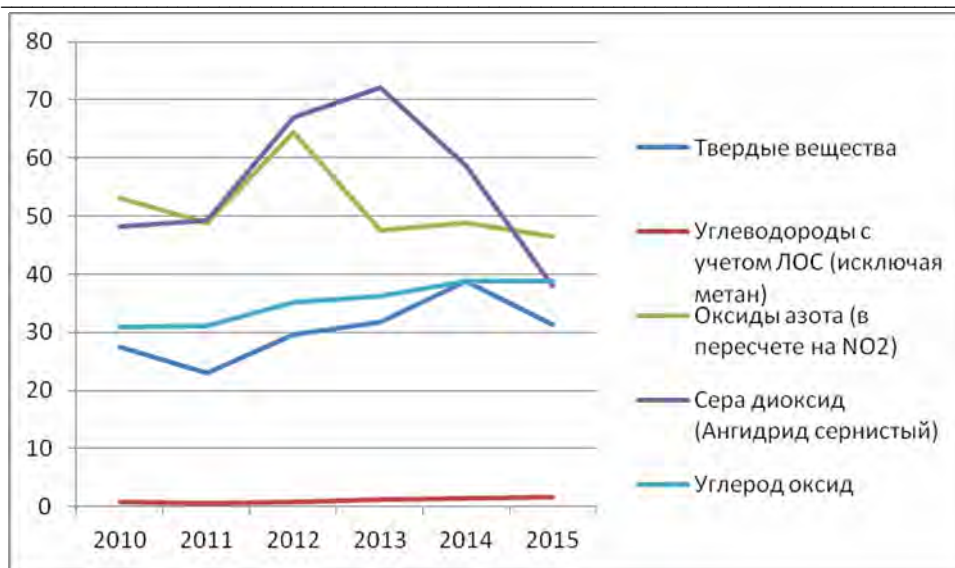


Рис. 2. График выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ

Но, не смотря на понижение выбросов вредных веществ, в Волгоградской области к основным рискам заболевания относятся респираторные заболевания.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев В. И. Эколого-градостроительные основы расчета приземных концентраций газа: учеб. пособие. М.: АСВ, 2006. 96 с.
2. Воробьев В. И. Регулирование выбросов тепловых электростанций в атмосферу // Тез. докл. к междунар. научно-техн. конф. «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций». Волгоград, 1998.
3. Маврицев В. В. Основы экологии: учебник. Минск.: Высшая школа, 2003. 416 с.
4. Хотунцев Ю. Л. Экология и экологическая безопасность. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 480 с.
5. Воробьев В. И., Сидоренко В. Ф. Обоснование системы контроля за выбросами энергетических предприятий в структуре крупного города // Тез. докл. Всесоюзной научно-практ. конф. «Экология и градостроительство». Волгоград: ВолГАСА, 1988. С. 6—7.
6. Лёгасов В. А., Кузьмин И. И. Проблемы энергетики. М.: Природа, 1981. № 2. С. 8—23.
7. Hafele W. A global and longrange picture of energy developments // Science. 1979. Vol. 209. Pp. 174—182. DOI: 10.1126/science.209.4452.174

© Воробьев В. И., Лейчу Ф. Ф., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Воробьев В. И., Лейчу Ф. Ф. Влияние тепловых энергетических предприятий на окружающую среду // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 339—346.

Об авторах:

**Воробьев Владимир Иванович** — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [vorobiov\\_51\\_vi@list.ru](mailto:vorobiov_51_vi@list.ru)

**Лейчу Федор Федорович** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [fedor.leychu@mail.ru](mailto:fedor.leychu@mail.ru)

**V. I. Vorob'ev, F. F. Leichu**

## THE EFFECT OF THERMAL POWER ENTERPRISES ON THE ENVIRONMENT

Mankind uses thermal and electric energy, more than 80% of which are produced by burning different fuels. Thermal power enterprises (TPE) use natural and associated gas, refined petroleum products (fuel oil and other liquid fuels), coal and brown coal, combustible shale, peat (solid fuel) as fuel. Combustion of liquid and solid fuels is accompanied by formation of harmful gases (sulfur dioxide and nitrogen oxides), the formation of dust aerosols and ash is the possibility. TPEs are major pollutants of the atmosphere. Ash formed after combustion of liquid and especially solid fuels is a tonnage waste of energy and requires mandatory recycling.

The normal functioning of a TPE is associated with the use of vehicles, that is why the natural environment is polluted through the work of these funds as well.

This article discusses the data on the intensity of atmospheric emissions of pollutants from fuel combustion, their impact on humans and the environment.

**Key words:** TPE, electricity, impact of emissions, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.

## REFERENCES

1. Vorob'ev V. I. Vorob'ev V. I. *Ekologo-gradostroitel'nye osnovy rascheta prizemnykh kontsentratsii gaza: uchebnoe posobie* [Ecological and town-planning principles of estimation of surface gas concentration]. Moscow, ASB, 2006. 96 p.
2. Vorob'ev V. I. [Regulation of emissions from thermal power stations into the atmosphere]. *Tezisy dokladov mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. «Nadezhnost' i dolgovechnost' stroitel'nykh materialov i konstruksii»* [Thesis reports of the Inter. Sc.-Tech. Conf. "Reliability and Service Time of Construction Materials and Structures"]. Volgograd, 1998.
3. Mavrichshev V. V. *Osnovy ekologii: uchebnik* [Principles of ecology]. Minsk, Vysshaya Shkola Publ., 2003. 416 p.
4. Khotuntsev Yu. L. *Ekologiya i ekologicheskaya bezopasnost'* [Ecology and environmental safety]. Moscow, Akademiya Publishing Center, 2004. 480 p.
5. Vorob'ev V. I., Sidorenko V. F. [Justification of the system of control over emissions from power enterprises in the structure of a big city]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznoi nauchno-prakt. konf. «Ekologiya i gradostroitel'stvo»* [Thesis reports of the All-Union Sc.-Pr. Conf. "Ecology and Town Planning"]. Volgograd, VSUACE Publ., 1988. Pp. 6—7.
6. Legasov V. A., Kuz'min I. I. *Problemy energetiki* [Problems of energy industry]. Moscow, Priroda Publ., 1981, no. 2, pp. 8—23.
7. Hafele W. A global and longrange picture of energy developments. *Science*, 1980, 209(4452), pp. 174—182. DOI: 10.1126/science.209.4452.174

## For citation:

Vorob'ev V. I., Leichu F. F. [The effect of thermal power enterprises on the environment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 339—346.

## About authors:

**Vorob'ev Vladimir Ivanovich** — Candidate of Engineering Science, Docent, Professor of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [vorobiov\\_51\\_vi@list.ru](mailto:vorobiov_51_vi@list.ru)

**Leichu Fedor Fedorovich** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [fedor.leychu@mail.ru](mailto:fedor.leychu@mail.ru)

УДК 620.9: 502: 332.8

**Р. Х. Ишмаметов, В. С. Меняйлов**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ РОССИИ**

Рассмотрены вопросы эффективного применения и использования энергосберегающих мероприятий, соблюдения методов оценки экологической безопасности, вопросы развития нормирования энергоэффективности, основные проблемы энергосбережения и современные требования к теплозащите зданий.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** энергосберегающие технологии, экологическая безопасность, энергоэффективность, теплозащита зданий, нормирование энергоэффективности, экономия энергии.

Актуальной проблемой экономики нашей страны является эффективное применение энергии углеводородов, ввод инновационных технологий производства и потребления энергии от возобновляемых источников, соблюдение и обоснование при этом методов экологической безопасности. Одобренная Правительством РФ энергетическая стратегия России до 2030 г. содержит требование внедрения энергосбережения во все сферы жизнедеятельности и экономики, активное развитие энергоэффективных технологий. Большое внимание уделяется решению проблем снижения энергопотребления зданий и сооружений.

Современные требования к теплозащите зданий в целях экономии энергии, уровню энергопотребления, обеспечению энергоэффективности зданий и сооружений, изложенные в Федеральном законе № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности», ориентируют инвесторов-застройщиков, собственников жилищного фонда и органы местного самоуправления на использование обширного комплекса решений по снижению энергопотребления. Эти решения соответствуют конкретным строительным условиям, имеют более высокую стоимость и длительный срок окупаемости.

Кроме того, на уровне действующих норм отсутствуют методики учета воздействия разных энергосберегающих решений, возможности их изменчивости, что не позволяет в полной мере учитывать эффект от их совместного использования. В качестве примера можно привести опыт строительства первых энергопассивных домов в Европе и комплекса мер по энергоэффективной санации, когда ряд мероприятий был избыточным с точки зрения обеспечения теплотехнических условий. Основную сложность оказывает также недостаточная изученность вопросов экономической оценки эффективности использования энергосберегающих технологий.

Ежегодно увеличивается число работ, посвященных вопросам исследования строительства энергоэффективных домов. Материал, изложенный в отечественной литературе, в большей степени носит ознакомительный характер. В основном это обобщенные исследования на фоне достаточно продолжительного и большого опыта.

Особенности проектирования энергоэффективных домов, выбор архитектурных и конструктивных решений, анализ эффективности использования альтернативных источников энергии представлены в работах многих известных в нашей стране и за рубежом ученых [1—6].

Подробно вопросы развития нормирования энергоэффективности, основные проблемы энергосбережения, зарубежный опыт, важнейшие системные взгляды нормирования и проектирования тепловой защиты зданий, их обоснование и особенности применения в разных странах представлены в работах Ю. А. Матросова [7].

Также в работах ряда авторов [8, 9] анализируются варианты достижения нормативов по энергосбережению, изложены преимущества энергосбережения при строительстве новых домов с увеличенными теплозащитными свойствами и эффективным инженерным оборудованием.

Практическую значимость для решения проблем внедрения энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) имеет справочник «Энергосбережение в жилищном фонде: проблемы, практика и перспективы» (2004 г.) — совместный проект германского энергетического агентства DENA и российского Фонда «Институт экономики города». Справочник содержит описание методологии эффективного управления жилищным фондом, финансовых инструментов для снабжения инвестиций в энергосбережение и технологические аспекты энергосберегающих мероприятий, используемых в современных экономических и политических условиях России.

Аналогичная методика описана в работах В. И. Прохорова [10]. Она приближена к энергетическому балансу здания и анализу абсолютных величин энергопотребления инженерными системами с установлением возможного его уменьшения за счет использования тех или иных энергосберегающих мероприятий. Там же описывается способ оценки окупаемости энергосберегающих технических решений с поддержкой так называемых «топливных эквивалентов», когда устанавливается, сколько топлива можно закупить на ту же сумму, которая будет потрачена на энергосберегающие мероприятия, и это число сравнивается с годовой экономией затрат на топливо, определяемой за счет реализации данного технического решения.

Вопросы технико-экономического обоснования (ТЭО) энергосберегающих мероприятий в инженерных системах здания анализировались в работах Л. Д. Богуславского [11]. Высокую популярность получили труды А. Н. Дмитриева [12], Ю. А. Табунщикова [13], в которых также показана методика ТЭО решений по уменьшению энергопотребления с применением дисконтирования и компаундинга, правила вычисления расчетного срока окупаемости.

Существуют различные методы оценки компенсации энергосберегающих комплексов в условиях рыночной экономики с применением одалживаемых средств на реализацию этих мероприятий по методу индивидуальных дисконтированных затрачиваемых средств. Разработаны формулы для расчета таких затрат при условии их приведения к концу расчетного срока и выявлено главное условие окупаемости, состоящее в том, что годовой процент за условно взятый кредит не должен превышать принимаемую экономию на эксплуатационные затраты, и прежде всего на тепловую энергию.



Требования по увеличению энергетической эффективности зданий, являющихся главным конечным потребителем энергии, остается одной из важнейших составляющих законодательства в большинстве стран мира.

В России нормы, ориентированные на энергоэффективность зданий, появились в середине 1990-х гг. и базировались на положениях европейских стандартов в этой области.

В настоящее время законодательство об энергосбережении состоит из Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные действия Российской Федерации», а также законов и иных нормативно-правовых актов субъектов Российской Федерации и муниципальных правовых актов.

Федеральный закон № 261-ФЗ регулирует отношения по энергосбережению, его целью является производство правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышение роста энергетической эффективности. Правовое регулирование в области энергосбережения в соответствии с данным законом основывается на принципах, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Принципы реализации энергоэффективности в России

Он также устанавливает ограничения на производство и оборот в Российской Федерации товаров, имеющих слабую энергетическую эффективность, требования к энергетической эффективности многоквартирных домов, административных зданий, промышленных объектов, обязанности проведения обязательного энергетического обследования и составления энергопаспорта на объекты. В целях увеличения энергетической эффективности зданий и сооружений требования энергетической эффективности подлежат пересмотру не меньше чем один раз в пять лет.

В соответствии с действующим федеральным законодательством государственная поддержка инвестиционной занятости в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности может реализовываться с использованием мер стимулирующего характера. Такие меры осуществляются действующим законодательством о налогах и сборах путем возмещения части доходов на уплату процентов по кредитам и займам, полученным в кредитных организациях на реализацию инвестиционной деятельности, реализацию инвестиционных проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

К федеральным актам в области энергосбережения также относится Указ Президента РФ № 889 о необходимости обеспечить к 2020 г. экономию энергетических ресурсов в размере 40 % через показатель энергоемкости внутреннего валового продукта (ВВП).

В 2010 г. Министерством регионального развития на основании Приказа № 273 была утверждена методика расчета показателей энергоэффективности, которые должны применяться при реализации программ энергосбережения в регионах и муниципалитетах. Разработка методики была обусловлена несовершенством показателей, принятых Постановлением Правительства РФ № 1225 от 31.12.2009 «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

На практике работу с показателями энергоэффективности, ведение системы мониторинга энергосбережения и повышения энергоэффективности, основанного на унифицированном представлении информации бюджетными организациями и муниципалитетами, осуществляет Российское энергетическое агентство.

Необходимость решения поставленных законодательными актами задач определила разработку серии нормативно-технических документов, устанавливающих достаточно жесткие нормы и стандарты теплозащиты зданий, направленные на экономию энергии, экологическую безопасность и повышение уровня комфорта современных зданий и сооружений.

Проблема строительства энергопассивных домов в нашей стране характеризуется недостаточной изученностью, отсутствием необходимых методических рекомендаций и эффективной нормативно-правовой базы. В настоящее время ведущие отраслевые НИИ занимаются выработкой стандартов по проектированию и строительству в области энергоэффективности зданий, а также стандартов на технологическое оборудование для вентиляции, отопления и кондиционирование, решением задач, связанных с экологией и здоровьем населения.

Существующая документация по энергосбережению в жилищном фонде включает в себя достаточно широкий набор законодательной документации (СП 50.13330.2012).

Введен новый показатель энергетической эффективности зданий — удельной потребностью в тепловой энергии на отопление и классификацию энергетической эффективности зданий по классам. Для реконструируемых и строящихся зданий выделяют 3 класса: «А» — дома очень высокой энергоэффективности, «В» — высокой и «С» — нормальной энергоэффективности, а для эксплуатируемых зданий — два класса: «D» — дома низкой и «E» -

очень низкой энергоэффективности. Показатель энергоэффективности зданий класса «А» более чем в два раза превышает нормативные значения.

Требования к стандартам тепловой защиты зданий изучены в большинстве регионов Российской Федерации в виде территориальных строительных норм (ТСН) по энергетической эффективности жилых и общественных зданий.

Федеральные нормы энергоэффективности определяются также в ряде других действующих законодательных актах и правилах и разрешают проектировать здания с рациональным применением энергии путем выявления суммарного энергетического эффекта от применения архитектурных, строительных и инженерных решений, направленных на экономию энергетических ресурсов (СП 23-101—2004).

Несмотря на ряд положительных сдвигов в нормативно-правовом обеспечении вопросов энергоэффективности и энергосбережения, следует ужесточить требования к теплопередаче материалов конструкций, так как эти данные существенно ниже по сравнению с действующими европейскими стандартами.

В табл. 1 приведено сравнение нормативных значений сопротивления теплопередаче для некоторых конструкций согласно действующим российским и европейским стандартам.

*Сравнение нормативных значений сопротивления теплопередаче*

| Наименование конструкции | Европейские нормативы |                     | Условия г. Волгоград (СП 50.13330.2012) |
|--------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------------|
|                          | Энергоэффективный дом | Энергопассивный дом |                                         |
| Внешние стены            | 5,00                  | 6,70                | 2,79                                    |
| Крыша                    | 5,00                  | 6,70                | 3,13                                    |
| Пол                      | 2,50                  | 3,50                | —                                       |
| Окна                     | 0,91                  | 1,25                | 0,42                                    |

Нормативные показатели по удельному использованию энергии на отопление в Германии находятся в пределах от 45 до 96 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год при основной системе теплоснабжения. Размеры удельного расхода энергии на отопление [14, 15], определенные в ТСН РФ и в новом СНИП и пересчитанные на климатические условия Германии, локализуются в пределах от 50 до 105 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год. Нормы в Европе ниже новых российских на 20...30 % для многоквартирных жилых зданий и на 9...10 % — для многоквартирных домов.

Принятый подход к определению энергоэффективности здания также отличается от европейского [16]. Так, к примеру, в России малоэтажный жилой дом (площадью 150 м<sup>2</sup>) считается энергоэффективным (нормальный класс энергоэффективности «С»), если на его отопление тратится порядка 350 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год. Но для того чтобы такой дом считался энергоэффективным в Германии, он должен потребить не более 90 кВт·ч/м<sup>3</sup>.

На сегодняшний день еще не разработаны российские стандарты для энергопассивных домов, поэтому приходится использовать европейский опыт проектирования. В то же время новые нормы, ориентированные на современные энергосберегающие технологии, не должны приводить к существенному росту стоимости строительства и противоречить действующим нормативным документам.

Увеличение энергоэффективности и введение энергоресурсосберегающих технологий представляет собой стратегическую задачу для всех национальных экономик [17—19]. К этому подталкивает устойчивый рост цен на энергоносители и увеличение объема выбросов двуокиси углерода, что оказывает негативное влияние на окружающую среду и климат. Безусловно, экономика России — не исключение. Наша страна имеет огромные природные богатства, полностью обеспечивающие внешние энергетические потребности за счет собственных ресурсов, но эти резервы в конечном итоге имеют предел.

Эффективность применения традиционных и модифицированных, в том числе возобновляемых источников энергии, в нашей стране невероятно низка. В начале XXI века экономика России отличается достаточно высокой энергоемкостью, которая в 2...3 раза превосходит энергоемкость (ВВП) экономики развитых стран, в которых за последние двадцать лет отмечался энергоэффективный экономический рост.

Энергоемкость валового внутреннего продукта России превышает среднемировой показатель в 2,3 раза, по странам Европейского союза — в 3,1 раза. Несмотря на ощутимый экономический спад в России в 90-х годах прошлого столетия, спрос на тепло и электроэнергию уменьшился незначительно. Во многом это связано с увеличением тепло- и энергопотребления в жилищном секторе. Это говорит не столько о росте объемов жилищного фонда, сколько об увеличившихся потерях теплоэнергоресурсов в жилищном фонде и коммунальных сетях, являющихся следствием того, что износ жилищного фонда и коммунальных сетей растет и подступает к критическому уровню (60 %), а где-то и достигает его. Вместе с этими процессами идет процесс ухудшения экологических условий и загрязнения как урбанизированных территорий, так и природных ресурсов в целом.

Учитывая все это, становится понятно, какое значение для экономики страны имеет рост эксплуатационных характеристик зданий и в то же время снижение потребления энергии в домах. Здесь заложены перспективы ощутимого уменьшения ресурсопотребления, но при этом возникает необходимость обеспечения уровня комфортности проживания. Эффективное потребление энергии будет сохранять природные ресурсы, и в то же время усилит конкурентное положение России. Применение технологий энергосбережения даст возможность сократить выбросы двуокиси углерода и понизить зависимость экономики страны от мировых цен на энергоносители [20].

Действия, необходимые для повышения энергоэффективности жилищного фонда:

- 1) компетентное управление жилищным фондом;
- 2) снабжение финансовых инструментов энергосбережения;
- 3) использование выработанных технологий энергосбережения на практике.

Деятельность по этим направлениям должна осуществляться одновременно и комплексно. Только при использовании комплексных решений можно достичь стабильного эффекта для жилищного фонда России. Введение мер по энергосбережению даст конкретные результаты в том случае, если руководство жилищным фондом и его содержание будет производиться эффективно и на высоком профессиональном уровне. Несомненно,

обеспечить профессиональное управление вероятно только при дальнейшем введении рыночных механизмов управления, а также необходимом привлечении частного бизнеса.



Рис. 2. Меры по энергосбережению

Обязательным требованием внедрения рыночных механизмов служит формирование стабильной финансовой политики в жилищной сфере (рис. 2). Следовательно, чтобы обеспечить результативное управление жилищным фондом, необходимо сформировать стабильную жилищную политику по следующим направлениям:

- 1) разработка надежной бюджетной политики в области управления жилищным фондом;
- 2) создание «эффективного» собственника жилья;
- 3) расширение существующего бизнеса по управлению жилищным фондом.

Больше 290 млн м<sup>2</sup> жилья нуждаются в неотложном капитальном ремонте и переоборудовании коммунальных квартир в отдельные; 250 млн м<sup>2</sup> (8,9 %) — в реконструкции. Выбор мероприятий, направленных на повышение теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий, зависит не только от их конструктивно-технологических решений, но и от вида собственности, конструктивного решения и технического состояния здания. По этим параметрам жилые здания различных регионов России существенно отличаются друг от друга, что связано с климатическими особенностями регионов, сложившейся инфраструктурой городов, объемом финансирования эксплуатационных служб и т. д. В связи с этим решение задачи энергосбереже-

ния в существующих жилых зданиях необходимо рассматривать применительно к условиям конкретного региона нашей страны.

Для уменьшения расхода топливно-энергетических ресурсов, направленных на эксплуатацию гражданских зданий, необходим комплексный подход к энергосбережению за счет модернизации архитектурно-планировочных, конструктивных решений и инженерного обеспечения зданий с учетом региональных климатических, технико-экономических, социальных и экологических особенностей. Каждая тенденция модернизации зданий в области энергосбережения имеет несколько мероприятий, сконцентрированных на экономии топливно-энергетических ресурсов [21].

Можно выделить четыре главных направления экономии энергии в здании (рис. 3, 4).



Рис. 3. Основные направления экономии энергии в здании

Необходимы комплексные усилия в решении данной проблемы со стороны специалистов и ученых разных областей строительной науки — архитекторов, физиков, теплотехников, инженеров-строителей, механиков, химиков, медиков, экологов и т. д.

Решение данных аспектов научного исследования, направленных на повышение качества жизни и комфортного проживания человека в конкретных условиях, приведет к решению глобальных экономических, экологических, медицинских проблем, сохранению благоприятной среды обитания и снижению уровня отрицательных воздействий от вмешательства деятельности человека в условиях урбанизированных систем расселения.

Пример совершенствования архитектурных и объемно-планировочных решений зданий и их помещений показан на рис. 5.

Таким образом, повышение энергетической эффективности и экологической безопасности современных зданий и сооружений является наиболее важной и приоритетной задачей современной строительной науки и требует дальнейшего тщательного изучения, являясь предметом глубоких исследований.



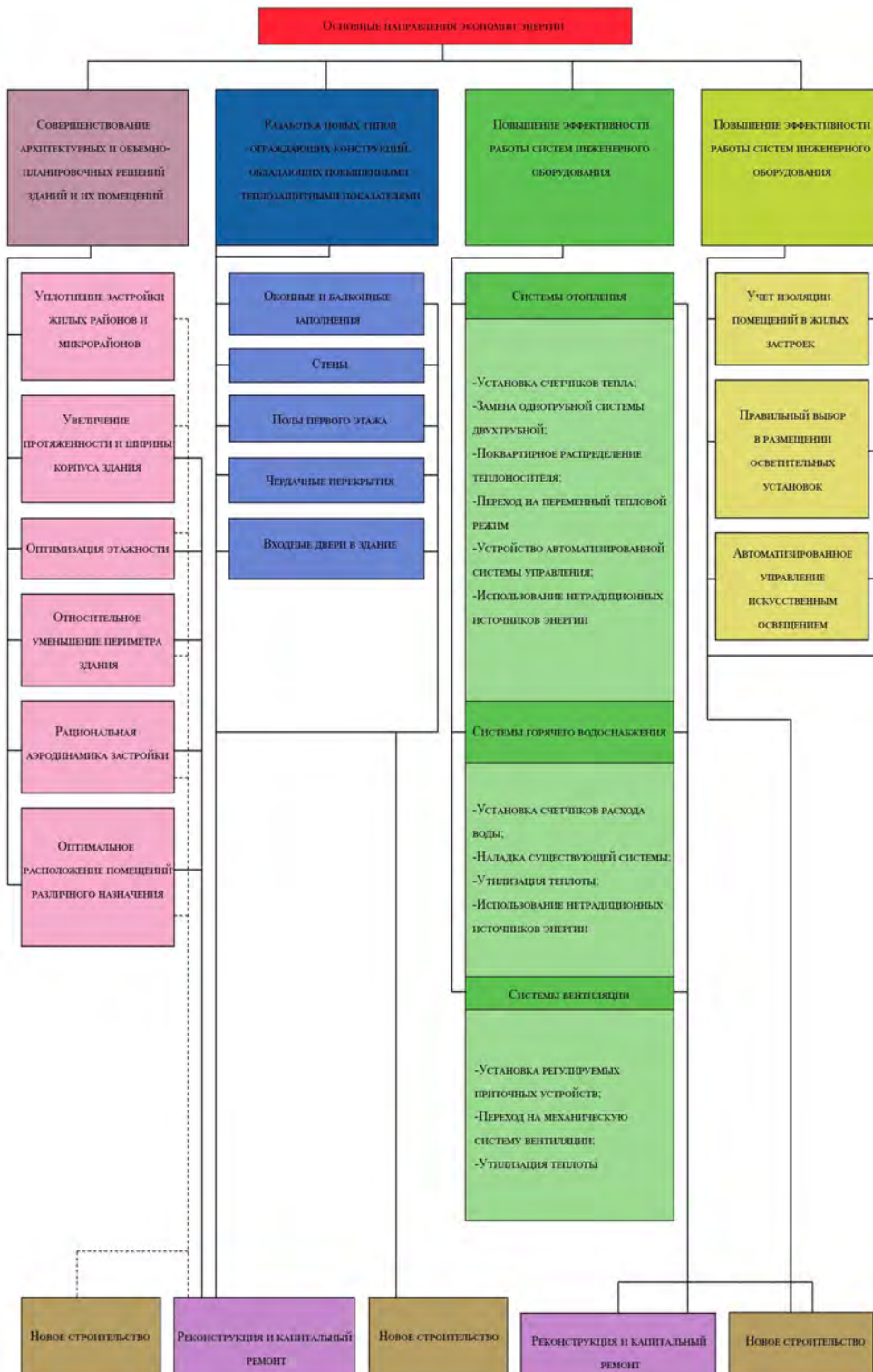


Рис. 4. Основные мероприятия по экономии энергии



Рис. 5. Совершенствование архитектурных и объемно-планировочных решений зданий и их помещений

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бевингтон Р., Розенфельд А. Х. Энергия для коммерческих и жилых зданий // В мире науки. 1990. № 11. С. 29-37.
2. Бочкарева Т. Б. Экологический «джинн» урбанизации. М.: Мысль, 1988. 268 с.
3. Владимиров В. В. Расселение и экология. М.: Стройиздат, 1996. 392 с.
4. European directory of sustainable and energy efficient building: components, services, materials / O. Lewis, J. Goulding. London: James and James Science Publishers Limited, cop. 1996. 316 p.
5. Дубров А. П. Экология жилища и здоровье человека. Уфа: Слово, 1996. 96 с.
6. Енгулфрид Ю., Малхолл Д., Плетнева Т. В. Как защитить себя от опасных веществ в быту. М.: МГУ, 1994. 96 с.
7. Матросов Ю. А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ, 2008. 495 с.
8. Дмитриев А. Н. Управление энергосберегающими инновациями в строительстве зданий. Изд-во АСВ стран СНГ, 2001. 320 с.
9. Чернышов Л. Н. Основы энергоресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере. Иркутск, 2008. 429 с.
10. Прохоров В. И. Облик энергосбережения. Актуальные проблемы строительной теплофизики // VI научно-практическая конференция 18—20 апреля 2002 г. Академические чтения: сборник докладов. М., 2002. С. 73—93.
11. Богуславский Л. Д. Экономия теплоты в жилых зданиях. М.: Стройиздат, 1990. 119 с.
12. Дмитриев А. Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями: дис... д-ра техн. наук. М.: РГОТУПС, 1999. 374 с.
13. Табуничиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.



14. Самарин О. Д. Энергетический баланс гражданских зданий и возможные направления энергосбережения // Жилищное строительство. 2012. № 8. С. 2—4.
15. Самарин О. Д., Лушин К. И. Энергетический баланс жилых зданий и его экспериментальные исследования // Вестник МГСУ. Спецвыпуск 2/2009. С. 423—431.
16. Корниенко С. В., Ватин Н. И., Горшков А. С. [Натурные теплофизические испытания жилых зданий из газобетонных блоков] // Инженерно-строительный журнал. 2016. №4(64). С. 10—25. DOI: 10.5862/MCE.64.2
17. Корниенко С. В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8 (52). С. 25—37. DOI: 10.5862/MCE.52.4
18. Корниенко С. В. О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 29—37.
19. The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades / N. I. Vatin, A. S. Gorshkov, D. V. Nemova, A. A. Staritsyna, D. S. Tarasova // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941—944. Pp. 905—920. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944
20. Zadvinskaya T. O., Gorshkov A. S. Comprehensive method of energy efficiency of residential house // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 953—954. Pp. 1570—1577.
21. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization / N. I. Vatin, D. V. Nemova, V. Murgul, V. Pukhkal, A. Golik, E. Chizhov // Journal of Applied Engineering Science. 2014. Vol. 1. Pp. 37—44.

© Ишмаматов Р. Х., Меняйлов В. С., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Ишмаматов Р. Х., Меняйлов В. С. Современные аспекты энергосбережения в жилищном фонде России // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 347—358.

Об авторах:

**Ишмаматов Рамиль Хамидулович** — доцент кафедры архитектурно-проектной практики, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [ramil.euro-lux@mail.ru](mailto:ramil.euro-lux@mail.ru)

**Меняйлов Владимир Сергеевич** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [menyailov.vovan@yandex.ru](mailto:menyailov.vovan@yandex.ru)

**R. Kh. Ishmametov, V. S. Menyailov**

## MODERN ASPECTS OF ENERGY EFFICIENCY IN HOUSING FACILITIES IN RUSSIA

The articles deals with the issues of effective use and consumption of energy saving measures, compliance with environmental safety methods, the development of rationing of energy efficiency and the main problems of modern requirements of thermal protection of buildings.

**Key words:** energy-saving technologies, environmental safety, energy efficiency, thermal protection of buildings, rationing of energy efficiency, energy saving.

## REFERENCES

1. Bevington R., Rosenfeld A. H. [Energy for commercial and residential buildings]. *V mire nauki* [In the world of science], 1990, no. 11, pp. 29—37.
2. Bochkareva T. B. *Ekologicheskii "dzhinn" urbanizatsii* [Ecological "Djinn" urbanization]. Moscow, Mysl' Publ., 1988. 268 p.
3. Vladimirov V. *Rasselenie i ekologiya* [Resettlement and ecology]. Moscow Stroiizdat Publ., 1996. 392 p.
4. Lewis O., J. Goulding (ed.). *European directory of sustainable and energy efficient building: components, services, materials*. London, James and James Science Publishers Limited, cop. 1996. 316 p.

5. Dubrov A. *Ekologiya zhilishcha i zdorov'e cheloveka* [Dwelling Ecology and human health]. Ufa, Slovo Publ., 1996. 96 p.
6. Engulfrid Yu., Mulhall D., Pletneva T. V. *Kak zashchitit' sebya ot opasnykh veshchestv v bytu* [How to protect yourself from dangerous substances in the home]. Moscow, Moscow State University Publ., 1994. 96 p.
7. Matrosov Yu. A. *Energoberezhenie v zdaniyakh. Problema i puti ee resheniya* [Energy efficiency in buildings. The problem and ways of its solution]. Moscow, NIISF Publ., 2008. 495 p.
8. Dmitriev A. N. *Upravlenie energoberegayushchimi innovatsiyami v stroitel'stve zdanii* [Energy-saving management of innovations in construction of buildings: tutorial]. Publisher of ACB of the CIS countries, 2001. 320 p.
9. Chernyshov L.N. *Osnovy energoresursosberezheniya v zhilishchnoi i kommunal'noi sfere* [Principles of energy and resources efficiency in housing and communal sector]. Irkutsk, 2008. 429 p.
10. Prokhorov V. I. [Energy efficiency layout. Current problems of construction thermal physics]. *VI nauchno-prakticheskaya konferentsiya 18–20 aprelya 2002 g. Akademicheskie chteniya: sbornik dokladov* [VI Scientific Conference 18–20 April 2002. Academic reading: book of reports]. Moscow, 2002. Pp. 73–93.
11. Boguslavsky L. D. *Ekonomiya teploty v zhilykh zdaniyakh* [Heat saving in residential buildings]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1990. 119 p.
12. Dmitriev A. N. *Energoberegayushchie ograzhdayushchie konstruksii grazhdanskikh zdanii s effektivnymi uteplitelyami: dis... d-ra tekhn. nauk* [Energy-saving building envelopes of civic buildings with efficient insulation. Dr. Eng. Sci. Diss.]. Moscow, RGOTUPS Publ., 1999. 374 p.
13. Tabunschikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy-efficient buildings]. Moscow, ABOK-PRESS, 2003. 200 p.
14. Samarin O. D. [Balance of Residential Buildings and Possible Ways of Energy Saving]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2012, no. 8, pp. 2–4.
15. Samarin O. D., Lushin K. I. [Energy balance of residential buildings and its pilot researches]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], Special issue 2/2009, pp. 423–431.
16. Korniyenko S. V., Vatin N. I., Gorshkov A. S. Thermophysical field testing of residential buildings made of autoclaved aerated concrete blocks. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2016, no. 4, pp. 10–25. DOI: 10.5862/MCE.64.2
17. Korniyenko S. V. [Multifactorial assessment of thermal behavior in building envelope elements]. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2014, no. 8 (52), pp. 25–37. DOI: 10.5862/MCE.52.4
18. Korniyenko S. V. [About applicability of SP 50.13330.2012 method to calculation of a moisture conditions of enclosing structures with multi-zone moisture condensation]. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya* [Building and reconstruction], 2014, no. 5 (55), pp. 29–37.
19. Vatin N. I., Gorshkov A. S., Nemova D. V., Staritsyna A. A., Tarasova D. S. The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 941–944, pp. 905–920. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944
20. Zadvinskaya T. O., Gorshkov A. S. Comprehensive method of energy efficiency of residential house. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 953–954, pp. 1570–1577.
21. Vatin N. I., Nemova D. V., Murgul V., Pukhkal V., Golik A., Chizhov E. Reconstruction of administrative buildings of the 70's: The possibility of energy modernization. *Journal of Applied Engineering Science*, 2014, vol. 1, pp. 37–44.

*For citation:*

Ishmametov R. Kh., Menyailov V. S. [Modern aspects of energy efficiency in housing facilities in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 347–358.

*About authors:*

**Ishmametov Ramil' Khamidullovich** — Docent of Architectural and Design Practice Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ramil.euro-lux@mail.ru](mailto:ramil.euro-lux@mail.ru)

**Menyailov Vladimir Sergeevich** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [menyailov.vovan@yandex.ru](mailto:menyailov.vovan@yandex.ru)

УДК 502.3:504.5

**В. Ф. Сидоренко, А. А. Аброськин**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА**

В статье рассматриваются вопросы обоснования и разработки динамической системы экологического мониторинга крупного промышленного города, учитывающей передвижные и стационарные источники загрязнения атмосферного воздуха, в том числе неблагоустроенные территории, влияние типа застройки жилой территории и метеорологических факторов. Использование данной системы позволит определять экологически неблагоприятные зоны, требующие принятия управленческих решений, а также выявить территории для безопасного размещения объектов строительства.

**Ключевые слова:** мониторинг атмосферного воздуха, качество атмосферного воздуха, вредные выбросы автотранспорта, неблагоустроенные территории, пылевое загрязнение, модели рассеивания вредных примесей в атмосферном воздухе.

Значительный процент населения РФ проживает на территориях, где загрязнение атмосферного воздуха достигает уровней, которые приводят к негативным последствиям для здоровья [1, 2]. Снижение риска здоровью, а также обеспечение экологической безопасности при возведении новых объектов строительства, в том числе объектов жилой и социальной инфраструктуры, являются главными целями борьбы с загрязнением атмосферного воздуха. Особого внимания заслуживают вопросы, касающиеся выявления очагов загрязнения, изменения метеорологических условий и степени загрязнения с течением времени и химического состава загрязняющих веществ.

К снижению вредного воздействия антропогенного загрязнения атмосферы возможны два подхода. Один из них, традиционный, базируется на управлении источниками выбросов. Целью его является повсеместное соблюдение нормативных требований по качеству атмосферного воздуха. Такие системы мониторинга получили наибольшее распространение и до настоящего времени не утратили своей значимости. Данный подход реализуется при построении системы наблюдений в соответствии с действующими нормативно-методическими документами, основной из которых — «Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.189—86». Существующие системы мониторинга атмосферного воздуха, организованные на базе Гидрометслужбы, имеют в своем составе стационарные посты, которые обычно не меняют местоположения на протяжении многих лет, несмотря на изменение существующей градостроительной ситуации: застройки, транспортных потоков, появление новых предприятий или закрытие старых. Не учитывают они и сезонные изменения микроклиматических условий (преобладающее направление и скорость ветра), а также наличие неблагоустроенных, пылящих территорий, прилегающих к зоне жилой застройки, которые также влияют на состояние атмосферного воздуха на конкретной территории.

Другой подход, более гибкий, основывается на управлении факторами, которые определяют степень воздействия загрязненного воздуха на жителей

города [3, 4]. Для реализации такого подхода необходимо более детальное знание о пространственно-временном распределении концентраций вредных примесей, а также информация о плотности распределения населения по территории, динамике ее изменения во времени, что включает в себя, в том числе, изучение типа застройки территории и данные о строительстве новых объектов. Итак, для того чтобы система мониторинга атмосферного воздуха была информативной и имела высокую степень достоверности, она должна быть динамичной, изменяться вместе с меняющимися условиями городской среды.

В связи с вышеизложенным актуальной является разработка системы мониторинга атмосферного воздуха, позволяющей с учетом имеющихся стационарных и передвижных источников загрязнения, типа застройки, меняющихся метеорологических условий и градостроительной ситуации определять экологически благоприятные и неблагоприятные территории с целью обоснования безопасного размещения объектов городской инфраструктуры либо принятия управленческих решений по улучшению городской среды, а также рациональному размещению репрезентативных постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

выявление и характеристика приоритетных источников загрязнения городской среды (промышленные предприятия, автомобильный транспорт и неблагоустроенные территории) и их характеристика;

оценка типа застройки и благоустройства изучаемой территории города;

оценка изменения метеорологических условий в течение года (скорость ветра, роза ветров по скорости и направлению);

построение моделей влияния метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха от основных источников (автотранспорт, промышленность, неблагоустроенные территории) в условиях жилой застройки;

выявление «зон риска» (наибольшего загрязнения) на территории застройки при изменениях направления (по всем румбам) и скорости ветра;

разработка системы категорирования территории по степени экологической ситуации города (выделение благоприятных зон, зон усиленного экологического мониторинга, неблагоприятных зон) с учетом сезонных изменений метеорологических условий, длительности возможного формирования высоких уровней загрязнения воздуха при сочетании воздействия всех учитываемых факторов;

разработка алгоритма принятия управленческих решений в зависимости от категорирования территории: необходимость немедленных мер по снижению негативного воздействия антропогенных факторов, определение благоприятных территорий для размещения объектов строительства;

использование полученных данных для размещения репрезентативных стационарных и маршрутных постов наблюдения за атмосферным воздухом.

Объектом исследования был выбран Ворошиловский район Волгограда — крупного промышленного города, где присутствуют все три источника загрязнения атмосферного воздуха: развитая сеть автомобильного транспорта, стационарный источник выбросов (котельная) и неблагоустроенные (пылящие) территории, непосредственно примыкающие к жилой застройке (рис. 1). Кроме того, для построения моделей рассеивания загрязняющих ве-

ществ были выбраны территории с различным типом застройки (квартальная, микрорайонная, индивидуальная).

Были изучены характеристики имеющихся на территории передвижных и стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха. В последние годы в значительной мере из-за изменения экономической ситуации структура выбросов во многих городах, в том числе и в Волгограде, существенно изменилась: преобладающий вклад в уровень загрязнения воздуха по ряду примесей вносят выбросы автотранспорта. Основными веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух автомобильным транспортом и оказывающими влияние на здоровье населения, являются оксид углерода, оксиды азота (главным образом NO — оксид азота и NO<sub>2</sub> — диоксид азота), углеводороды (например, бенз(а)пирен), альдегиды (формальдегид и др.), сажа, сернистые соединения, сажа, свинец. Нефтепродукты, остатки от стертых шин и тормозных колодок, сыпучие и пыльные грузы, хлориды, которые используют для посыпания дорог зимой, загрязняют придорожные полосы и водные объекты. Ситуацию усложняет постоянное увеличение единиц автотранспорта, проникновения автомобилей на территорию жилой застройки и зон рекреации, выброс загрязняющих веществ в зоне дыхания человека и затрудненное рассеивание в условиях городской застройки [5, 6].

На изучаемой территории была оценена интенсивность движения автомобильного транспорта. Крупными на территории Ворошиловского района являются 1-я и 2-я Продольные магистрали городского значения (ул. Рабоче-Крестьянская и Череповецкая соответственно). Поперечная связь между ними, а также промышленными предприятиями, расположенными вдоль Волги, другими районами города осуществляется с помощью улиц Огарева и Елецкой. Интенсивность движения на 1-й Продольной магистрали в рамках Ворошиловского района высока. На участке в границах улиц Баррикадная и Иркутская интенсивность движения составляет от 1200 до 2142 автомобилей в час. Здесь преобладает легковой транспорт, процент грузового транспорта — 6 %. Средневзвешенная скорость около 30...32 км/ч. На поперечной магистрали Ворошиловского района — улице Огарева — общая интенсивность движения транспорта равна 800 авт/ч, процент грузового транспорта составляет 40 %. Средневзвешенная скорость на данном участке 40 км/ч. Продолжением улицы Огарева является улица Елецкая, где общая интенсивность движения увеличивается от 1170 до 1764 авт/ч. На ул. Череповецкая, которая является продолжением 2-й Продольной в Ворошиловском районе, интенсивность движения транспорта достигает 3200 авт/ч, процент грузового транспорта здесь также высок — 45 %, средневзвешенная скорость — 30 км/ч.

Для определения загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта был использован метод, изложенный в ГОСТ Р 56162—2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов». Он позволяет провести расчет количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на дорогах разной категории. При выполнении исследования в качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в атмосферу на действующих автодорогах были использованы результаты натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразде-



лением по основным группам автотранспортных средств. Данные натурные обследования не требуют сложного инструментального оснащения, и это позволяет выполнять обследования любой магистрали города с заданной периодичностью, что является важным условием для регулярного пополнения и корректировки информации о выбросах автотранспорта.



Рис. 1. Ранжирование территорий города по наличию источников загрязнения атмосферного воздуха

В соответствии с ГОСТ Р 56162-2014 выброс  $i$ -го загрязняющего вещества движущимся потоком автотранспортных средств на автодороге (или ее участке) с фиксированной протяженностью  $M_{Li}$ , г/км, рассчитывают по формуле

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_{k=1}^k M_{k,i}^L G_k r_{vk,i},$$

где  $L$  — протяженность дороги (или ее участка), из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим движение сигналом светофора, включающая в себя длину соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, где проводились дополнительные исследования), км;  $M_{k,i}^L$  — удельный пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества автомобилями  $k$ -й группы;  $k$  — число групп автомобилей, шт.;  $G_k$  — фактическая наибольшая интенсивность движения, т. е. число автомобилей каждой из  $k$  групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автодороги в единицу времени (20 мин) в обоих направлениях по всем полосам движения;  $r_{vk,i}$  — поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения потока автотранспортных средств  $V_{k,i}$ , км/ч, на выбранной автодороге (или ее участке).

Так, для исследуемой территории были получены данные об интенсивности автомобилей и рассчитаны концентрации СО на середине проезжей части (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Интенсивность движения автотранспорта и концентрация оксида углерода на исследуемой территории*

| Улицы г. Волгограда на изучаемой территории | Интенсивность движения, авт/ч | Уровень СО, мг/м <sup>3</sup> |
|---------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Социалистическая                            | 480                           | 32,54                         |
| Академическая                               | 810                           | 42,7                          |
| Симбирская                                  | 888                           | 44,12                         |
| Профсоюзная                                 | 896                           | 45,93                         |
| Козловская                                  | 1067                          | 48,67                         |
| Огарева                                     | 1240                          | 52,83                         |
| Рабоче-Крестьянская                         | 2142                          | 70,03                         |
| Ростовская                                  | 1206                          | 51,04                         |
| Елецкая                                     | 1764                          | 63,44                         |
| Череповецкая                                | 3200                          | 85,64                         |
| КИМ                                         | 445                           | 31,6                          |

Стационарный источник загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории — котельная установка на газовом топливе, высота выброса (трубы) которой составляет 40 м. Основные загрязняющие вещества, поступающие от данного источника, — это оксиды азота и продукты неполного сгорания (оксид углерода, бензапирен). Из-за небольшой высоты дымовых труб токсичные вещества в высоких концентрациях рассеиваются вблизи котельных установок.

Кроме автомобильного транспорта и промышленных источников, в условиях города источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха становятся неблагоустроенные пылящие территории. В исследованиях последних лет было доказано, что вклад пылевых источников загрязнения в общую экологическую картину приближается к уровню выбросов транспорта [7, 8]. Необходимость изучения данного источника загрязнения и учет его при планировании системы мониторинга рассматривался в работах [9, 10]. Городская пыль содержит около 35 % органических веществ, состоящих из сажи и смол, иногда также некоторые вредные микроэлементы, например тяжелые металлы, которые проникают в биосферу. В состав смолистых веществ — продуктов неполного сгорания — входит 3,4-бензапирен, обладающий раздражающими и канцерогенными свойствами [11]. Городская пыль, переносимая с неблагоустроенных территорий, территорий с сорной растительностью, может содержать цветочную пыльцу и микроорганизмы. Неблагоприятным является тот факт, что в составе городской пыли преобладают мелкодисперсные фракции (менее 5 мкм), которые обладают способностью глубоко проникать в дыхательные пути человека и оказывать наиболее неблагоприятное влияние на здоровье [12, 13]. Концентрации пыли на исследуемой территории достигают в летний период 0,75...0,8 мг/м<sup>3</sup> (средняя концентрация 0,41 мг/м<sup>3</sup> [14].

Процессы природного пылепереноса способствуют усилению запыленности городской среды. Природные явления пылепереноса формируются под влиянием природно-климатических особенностей территории. Кроме того, природно-климатические факторы определяют интенсивность поверхностного пылеобразования в процессе внутригородского пылепереноса.

Климат в районе города Волгограда резко континентальный, характеризующийся сильными ветрами, недостаточностью осадков, морозной зимой, жарким летом и крайней сухостью воздуха. Для Волгограда характерны суховеи и пыльные бури, по данным Гидрометслужбы суховеи бывает 50...55 за одно лето [15]. Наибольшая запыленность городской среды наблюдается в летний и весенне-осенний периоды, в несколько меньшей степени — в зимний и ранневесенний период, когда ветры имеют наибольшую скорость, а снежный покров отсутствует. Значения пороговой скорости пылепереноса по данным исследований составляют для частиц от 0,1 до 1000 мкм — 1...4,5 м/с; для типа почв: пески (1...3 м/с), супеси и городская пыль (3...4 м/с), суглинки (4...5, 5,5...7 и св. 20 м/с) [10]. Метеорологические условия г. Волгограда способствуют процессам ветропереноса. Так, скорости ветра (по данным наблюдений Гидрометслужбы) [15] представлены в табл. 2.

Далее по существующим методикам проводились расчеты рассеивания загрязняющих веществ от каждого источника загрязнения атмосферного воздуха.

При расчете рассеивания выбросов от автотранспорта и определенной концентрации токсичных веществ на различном удалении от дороги используется модель гауссова распределения примесей в атмосфере на небольших высотах [16].

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота, соединениями свинца вдоль автомобильной дороги определяется по формуле



$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \times \sigma \times \sin \varphi} + F,$$

где  $C$  — концентрация данного вида загрязнения в воздухе,  $\text{мг/м}^3$ ;  $q$  — концентрация данного вида загрязнения в середине дороги;  $\sigma$  — стандартное отклонение гауссового рассеивания в вертикальном направлении, м;  $V$  — скорость ветра, преобладающего в расчетный месяц выбранного периода, м/с;  $\varphi$  — угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от  $90^\circ$  до  $30^\circ$  скорость ветра следует умножить на синус угла, при угле менее  $30^\circ$  — коэффициент 0,5;  $F$  — фоновая концентрация загрязнения воздуха,  $\text{мг/м}^3$ .

Т а б л и ц а 2

*Среднемесячная температура воздуха и скорость ветра в г. Волгограде (2015 г.)*

| Месяц года | Среднемесячная температура воздуха, °С | Средняя скорость ветра, м/с |
|------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| Январь     | –6,7                                   | 2,7                         |
| Февраль    | –3,2                                   | 2,1                         |
| Март       | 2,0                                    | 2,7                         |
| Апрель     | 9,9                                    | 2,5                         |
| Май        | 17,4                                   | 1,7                         |
| Июнь       | 24,9                                   | 1,8                         |
| Июль       | 26,2                                   | 2,0                         |
| Август     | 20,0                                   | 2,0                         |
| Сентябрь   | 20,7                                   | 1,5                         |
| Октябрь    | 6,8                                    | 2,1                         |
| Ноябрь     | 3,8                                    | 2,5                         |
| Декабрь    | 0,5                                    | 2,8                         |

Существующие методы расчета рассеяния выбросов автотранспорта не учитывают фактора застройки, поэтому для продолжения расчета была использована методика, разработанная В. Ф. Сидоренко [17]. В соответствии с методикой (рис. 2) распределение концентраций оксида углерода внутри жилой застройки определяется по характерным сочетаниям типов застроек. При строчной застройке концентрация рассчитывается так же, как и на открытой территории. Между двумя фронтально стоящими зданиями концентрация окиси углерода снижается на 10 % от расчетов на открытой территории. Перед фронтально стоящим зданием наблюдаются повышенные концентрации СО, за зданием концентрация снижается на 50...70 % от расчетов на открытой территории. При замкнутых планировочных решениях в дворовом пространстве концентрация СО увеличивается на 20...30 % по сравнению с ожидаемой для обычного фронтально расположенного здания.

Модели рассеивания от основных источников (автотранспорт, промышленный источник, неблагоустроенные территории) в условиях существующей жилой застройки были построены для различных метеорологических условий — по восьми румбам.

По результатам построенных на карте изучаемого района города моделей рассеивания были определены наиболее неблагоприятные экологические условия и выявлены так называемые «точки схождения» — зоны, наиболее под-

верженные загрязнению от всех источников (промышленных, автотранспорта и пылящих неблагоустроенных территорий) при конкретных метеорологических условиях (направление и скорость ветра), характерных для данной территории в разный период года (табл. 3).

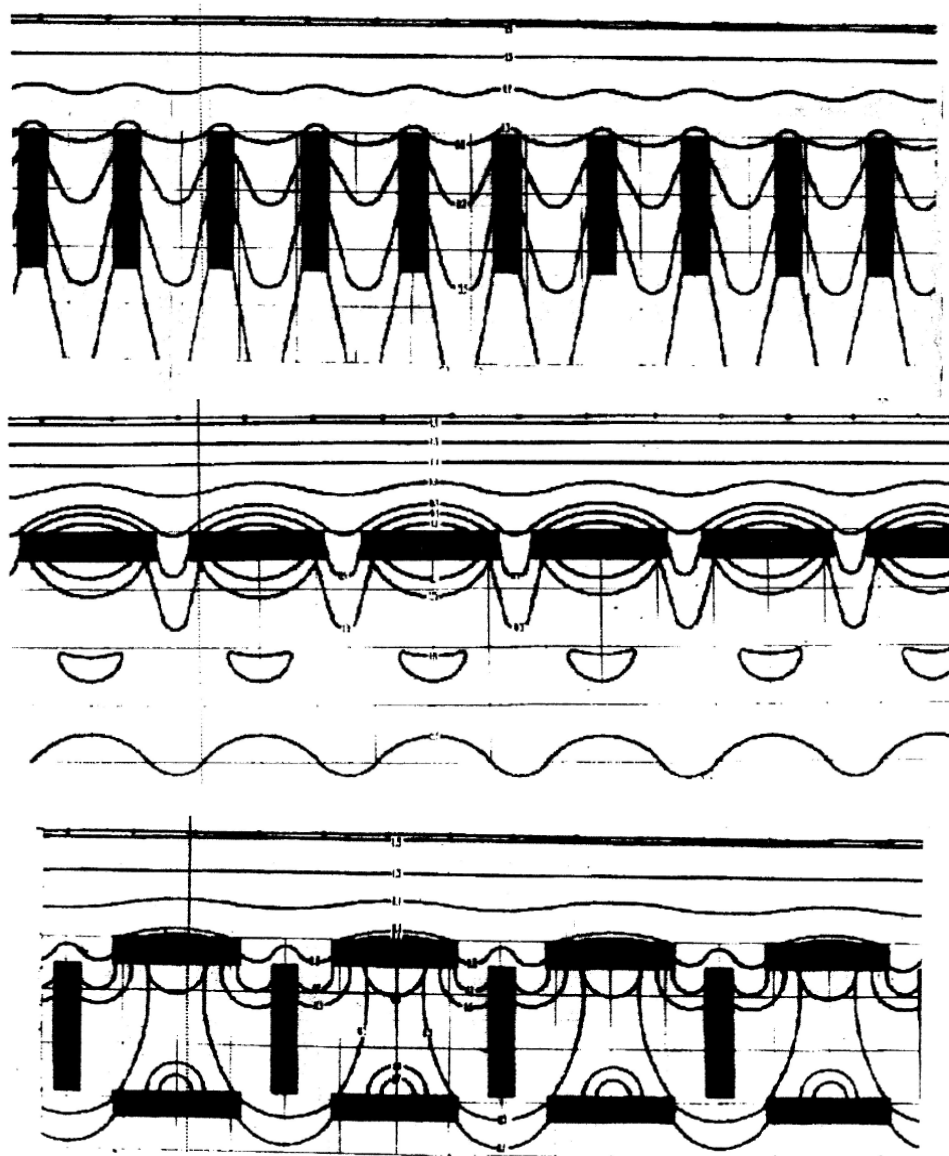


Рис. 2. Карта загазованности жилой застройки

Так, наиболее неблагоприятными направлениями ветра стали западное в течение всего года и восточное направление в осенний период.

На основании оценки экологической обстановки, проведенной с помощью разработанной информационной системы, на территории изучаемых районов предлагается выделение трех типов территорий:

зон экологического благополучия (ЗЭБ);  
зон усиленного экологического мониторинга (относительно благоприятная территория);  
зона экологической опасности (ЗЭО).

Таблица 3

*Удельный вес площади жилой застройки исследуемой территории, находящейся под неблагоприятным воздействием атмосферных загрязнителей при различных направлениях ветра*

| Румб          | Кол-во дней воздействия, % | Площадь застройки под воздействием 1 источника, % от общ. S | Площадь застройки под воздействием 2 источников, % от общ. S | Площадь застройки под воздействием 3 источников, % от общ. S |
|---------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1             | 2                          | 3                                                           | 4                                                            | 5                                                            |
| <b>Зима</b>   |                            |                                                             |                                                              |                                                              |
| Север         | 9                          | 40                                                          | 13                                                           | 3                                                            |
| Северо-восток | 4                          | 17                                                          | 4                                                            | 0                                                            |
| Восток        | 17                         | 40                                                          | 8                                                            | 3                                                            |
| Юго-восток    | 12                         | 10                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| Юг            | 7                          | 30                                                          | 5                                                            | 1                                                            |
| Юго-запад     | 17                         | 12                                                          | 5                                                            | 2                                                            |
| Запад         | 27                         | 43                                                          | 11                                                           | 3                                                            |
| Северо-запад  | 7                          | 13                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| <b>Весна</b>  |                            |                                                             |                                                              |                                                              |
| Север         | 10                         | 40                                                          | 13                                                           | 3                                                            |
| Северо-восток | 8                          | 17                                                          | 4                                                            | 0                                                            |
| Восток        | 15                         | 40                                                          | 8                                                            | 3                                                            |
| Юго-восток    | 14                         | 10                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| Юг            | 8                          | 30                                                          | 5                                                            | 1                                                            |
| Юго-запад     | 17                         | 12                                                          | 5                                                            | 2                                                            |
| Запад         | 21                         | 43                                                          | 11                                                           | 3                                                            |
| Северо-запад  | 8                          | 13                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| <b>Лето</b>   |                            |                                                             |                                                              |                                                              |
| Север         | 10                         | 40                                                          | 13                                                           | 3                                                            |
| Северо-восток | 11                         | 17                                                          | 4                                                            | 0                                                            |
| Восток        | 22                         | 40                                                          | 8                                                            | 3                                                            |
| Юго-восток    | 12                         | 10                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| Юг            | 7                          | 30                                                          | 5                                                            | 1                                                            |
| Юго-запад     | 12                         | 12                                                          | 5                                                            | 2                                                            |
| Запад         | 18                         | 43                                                          | 11                                                           | 3                                                            |
| Северо-запад  | 9                          | 13                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| <b>Осень</b>  |                            |                                                             |                                                              |                                                              |
| Север         | 10                         | 40                                                          | 13                                                           | 3                                                            |
| Северо-восток | 12                         | 17                                                          | 4                                                            | 0                                                            |
| Восток        | 14                         | 40                                                          | 8                                                            | 3                                                            |
| Юго-восток    | 12                         | 10                                                          | 2                                                            | 0                                                            |
| Юг            | 8                          | 30                                                          | 5                                                            | 1                                                            |
| Юго-запад     | 11                         | 12                                                          | 5                                                            | 2                                                            |
| Запад         | 18                         | 43                                                          | 11                                                           | 3                                                            |
| Северо-запад  | 14                         | 13                                                          | 2                                                            | 0                                                            |

Критериями для категорирования и выделения на территории города являются: наличие и отсутствие загрязнений, превышений ПДК (ПДУ) по отдельным загрязнителям окружающей среды и по результатам комплексной оценки, время воздействия неблагоприятных факторов городской среды на застройку, уровень превышения гигиенических нормативов по отдельным воздействующим факторам, уровень благоустройства территории (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

*Критерии категорирования селитебных территорий по степени экологического благополучия в целях безопасного размещения объектов строительства*

| Категория селитебной территории        | Характеристики территории                                                                                                                                                                     | Возможность размещения объектов строительства                                                                                                                         |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зона экологического благополучия (ЗЭБ) | Отсутствие загрязнения, уровни загрязняющих веществ не превышают ПДК                                                                                                                          | Размещение жилой застройки, объектов социальной инфраструктуры (ДДУ, школы, ЛПУ), рекреационных территорий                                                            |
| Зона усиленного мониторинга            | Невысокий уровень загрязнения воздуха (превышение ПДК в 1,1...1,2 раза) при незначительном по времени воздействии (неблагоприятные метеорологические условия), влияние 1, 2 источников        | Преимущество для размещения административных зданий, зеленых насаждений общего пользования, жилого застройки с проведением мероприятий по оптимизации городской среды |
| Зона экологической опасности (ЗЭО)     | Значительные превышения ПДК загрязняющих веществ, сочетанное воздействие от 2 или 3 источников загрязнения, длительное воздействие в течение года (неблагоприятные метеорологические условия) | До проведения мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха размещение жилой застройки и административных зданий не рекомендуется                   |

В зависимости от результатов оценки и категорирования территории предлагаются различные варианты размещения мониторинговых точек наблюдения (стационарных и маршрутных постов контроля атмосферного воздуха), а также возможность размещения градостроительных объектов (детских дошкольных и школьных учреждений, жилой застройки) и необходимость принятия управленческих решений по снижению негативного воздействия факторов окружающей среды. Использование данной информационной системы в целях обоснования разработки управленческих решений в долгосрочной перспективе приведет к оздоровлению экологической ситуации в городе и улучшению качества жизни и состояния здоровья населения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гичев Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека (печальный опыт России). М., 2002. 229 с.
2. Monitoring ambient air quality for health impact assessment. World Health Organization, 1999. 293 с.

3. Святенко А. В., Лузгачев В. А., Якунина И. В. Система расчетного мониторинга загрязнения воздуха городов автомобильными выбросами // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. Т. 16. № 2. С. 501—503.
4. Баишкатов О. М. Математическое обоснование размещений стационарных постов экологического контроля // Перший Незалежний Науковий Вісник. 2015. № 1-1. С. 15—19.
5. Kholod N. et al. A methodology for calculating transport emissions in cities with limited traffic data: Case study of diesel particulates and black carbon emissions in Murmansk // Science of The Total Environment. 2016. Т. 547. С. 305—313.
6. Weiss M. et al. On-road emissions of light-duty vehicles in Europe // Environmental science & technology. – 2011. – Т. 45. – №. 19. – С. 8575-8581.
7. Duong T. T. T., Lee B. K. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics // Journal of Environmental Management. – 2011. – Т. 92. – №. 3. – С. 554-562.
8. Klemm O., Ziomas C. Urban emissions measured with aircraft // Journal of the Air & Waste Management Association. 1998. Т. 48. №. 1. С. 16—25.
9. Сидоренко И. В. Совершенствование методологии комплексной оценки загрязнений воздушного бассейна крупного города для обоснования мониторинга и системы контроля: дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2008. 177 с.
10. Стеценко С. Е. Учет фактора запыленности в формировании городской застройки (на примере города Волгограда): дис. канд. техн. наук. Волгоград, 2005. 223 с.
11. Gangoiti G. et al. North African soil dust and European pollution transport to America during the warm season: Hidden links shown by a passive tracer simulation // Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984—2012). 2006. Т. 111. № D10.
12. Tegen I. et al. Modelling soil dust aerosol in the Bodélé depression during the BoDEx campaign // Atmospheric Chemistry and Physics. 2006. Т. 6. №. 12. С. 4345—4359.
13. Li X. et al. Concentrations and risk of heavy metals in surface soil and dust in urban squares and school campus in Beijing // Geogr Res. 2010. Т. 29. №. 6. С. 989—996.
14. Аброськина Н. В. Эколого-гигиеническое обоснование критериев благоустройства при комплексной оценке антропогенной нагрузки селитебных территорий: дис... канд. мед. наук. Волгоград, 1999. 125 с.
15. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2014 году» / П. В. Вергун [и др.]; Комитет природных ресурсов и экологии Волгоградской области. Волгоград: СМОТРИ, 2015. 300 с.
16. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Москва, 1995.
17. Сидоренко В. Ф. Учет загрязнения воздушного бассейна автотранспортом в градостроительном проектировании: учебное пособие. Волгоград: ВолгГАСА, 1999. 72 с.

© Сидоренко В. Ф., Аброськин А. А., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Сидоренко В. Ф., Аброськин А. А. Обоснование системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в целях обеспечения безопасности объектов строительства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 359—371.

Об авторах:

**Сидоренко Владимир Федорович** — д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, kafedra\_gsx@mail.ru

**Аброськин Алексей Андреевич** — аспирант кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

V. F. Sidorenko, A. A. Abros'kin

## JUSTIFICATION OF AIR CONDITION ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM IN ORDER TO PROVIDE ENVIRONMENTAL SAFETY OF PERMANENT BUILDINGS

This article discusses the need to substantiate and develop a dynamic environmental monitoring system in a large industrial city which takes into account stationary and mobile air pollution sources, including undeveloped areas, as well as the type of housing and meteorological factors. This system allows to find unfavorable environmental areas of the city and make appropriate management decisions based on the received data. It also helps to find environmentally safe territories for the construction of permanent buildings.

**Key words:** air condition monitoring, air quality, vehicle emissions, harmful road transport emissions, undeveloped areas, dust pollution, models of hazardous emission dissipation in the atmosphere.

### REFERENCES

1. Gichev Yu. P. *Zagryaznenie okruzhayushchei sredy i zdorov'e cheloveka (pechal'nyi opyt Rossii)* [Environmental pollution and human health (negative experience of Russia)]. Moscow, 2002. 229 p.
2. *Monitoring ambient air quality for health impact assessment*. World Health Organization, 1999. 293 p.
3. Svyatenko A. V., Luzgachev V. A., Ya. I. V. [Calculating system for monitoring of urban air pollution by car emissions]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Tambov University Reports. Series Natural and Technical Sciences], 2011, 16(2), pp. 501—503.
4. Bashkatov O. M. [Mathematical justification of the arrangement of stationary posts of environmental control]. *Pershii Nezalezhnii Naukovii Visnik* [First Ukrainian Scientific Bulletin], 2015, no. 1-1, pp. 15—19.
5. Kholod N. et al. A methodology for calculating transport emissions in cities with limited traffic data: Case study of diesel particulates and black carbon emissions in Murmansk. [Science of The Total Environment]. 2016. Vol. 547. Pp. 305—313.
6. Weiss M. et al. On-road emissions of light-duty vehicles in Europe. *Environmental science & technology*, 2011, 45(19), pp. 8575—8581.
7. Duong T. T. T., Lee B. K. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. [Journal of Environmental Management], 2011, 92(3), pp. 554—562.
8. Klemm O., Ziomas C. Urban emissions measured with aircraft. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 1998, 48(1), s. 16—25.
9. Sidorenko I. V. *Sovershenstvovanie metodologii kompleksnoi otsenki zagryaznenii vozdukhogo basseina krupnogo goroda dlya obosnovaniya monitoringa i sistemy kontrolya* [The improvement of the methodology of comprehensive assessment of air pollution in a large city for the justification of monitoring and the control system]. Cand. Eng. Sci. Diss. Volgograd, 2008. 177 p.
10. Stetsenko S. E. *Uchet faktora zapylennosti v formirovanii gorodskoi zastroiki (na primere goroda Volgograda)* [Dust content factor management when forming the urban development (by the example of the city of Volgograd)]. Cand. Eng. Sci. Diss. Volgograd, 2005. 223 p.
11. Gangoiti G. et al. North African soil dust and European pollution transport to America during the warm season: Hidden links shown by a passive tracer simulation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012), 2006, vol. 111, no. D10.
12. Tegen I. et al. Modelling soil dust aerosol in the Bodélé depression during the BoDEx campaign. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2006, 6(12), s. 4345—4359.
13. Li X. et al. Concentrations and risk of heavy metals in surface soil and dust in urban squares and school campus in Beijing. *Geogr Res.*, 2010, 29(6), s. 989—996.
14. Abros'kina N. V. *Ekologo-gigienicheskoe obosnovanie kriteriev blagoustroystva pri kompleksnoi otsenke atropogennoi nagruzki selitebnykh territorii* [Ecological and hygienic justification of the criteria of improvement at a complex assessment of anthropogenic impact of residential areas. Cand. Med. Sc. Diss.]. Volgograd, 1999. 125 p.

15. Vergun P. V. and others. *Doklad «O sostoyanii okruzhayushchei sredy Volgogradskoi oblasti v 2014 godu»* [The report "About the state of the environment in Volgograd Oblast in 2014"]. Volgograd, SMOTRI, 2015. 300 p.

16. *Rekomendatsii po uchetu trebovaniy po okhrane okruzhayushchei sredy pri proektirovanii avtomobil'nykh dorog i mostovykh perekhodov* [Recommendations on the management of the environmental protection requirements when designing roads and bridge crossings]. Moscow, 1995.

17. Sidorenko V. F. *Uchet zagryazneniya vozdušnogo basseina avtotransportom v gradostroitel'nom proektirovanii* [Consideration of air pollution by motor vehicles in urban design]. Volgograd, VSUACE Publ., 1999. 72 p.

*For citation:*

Sidorenko V. F., Abros'kin A. A. [Justification of air condition environmental monitoring system in order to provide environmental safety of permanent buildings]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 359—371.

*About authors:*

**Sidorenko Vladimir Fedorovich** — Doctor of Engineering Science, Professor, honoured science worker of RF, the Head of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kafedra\_gsx@mail.ru

**Abros'kin Aleksei Andreevich** — Postgraduate Student of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 502:69:711:58

**В. Ф. Сидоренко, Г. С. Кузнецов**

*Волгоградский государственный технический университет*

# **УЧЕТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ВНУТРИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ**

В статье рассмотрена продолжительность негативного влияния на окружающую застройку строительства нового здания и проведена его оценка на примерах 5, 9 и 14-этажных домов.

**Ключевые слова:** вибрация, загазованность, пыль, шум, окружающая застройка, экология.

Проблема точечной застройки актуальна для городов РФ, особенно для центров крупных и крупнейших городов (ГН 2.1.6.695-98, СНиП 2.07.01-89\*). В данной статье будет рассмотрена продолжительность негативного влияния на окружающую застройку от строительства нового здания на примерах 5, 9 и 14-этажных домов (рис. 1) [1—3]. Негативное влияние проанализировано по 3 критериям: шум, вибрация, пыль [4].

При движении большегрузов будет наблюдаться повышенный уровень шума, вибрации и концентрации CO, NO<sub>x</sub> и пыли.



Рис. 1. Размещение и строительство здания внутри жилой застройки

Измерять сроки работ будем по ППР для данных домов, которые представлены ниже.



Т а б л и ц а 1

| Наименование работ                                                                            | Продолжительность(чел/дней) |                |               | Негативные эффекты  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------------|
|                                                                                               | 9-этажный дом               | 14-этажный дом | 5-этажный дом |                     |
| Подземная часть                                                                               |                             |                |               |                     |
| 1. Механ. разработка грунта экскаватором                                                      | 3,8                         | 5,6            | 3,1           | Шум, вибрация, пыль |
| 2. Доработка грунта вручную                                                                   | 24,7                        | 29,6           | 23,3          | Шум, пыль           |
| 3. Монтаж сборных конструкций подземной части, бетонирование отдельных мест, кирпичная кладка | 105,6                       | 122,5          | 95,6          | Шум, вибрация, пыль |
| 4. Обратная засыпка пазух с трамбованием вручную                                              | 23,1                        | 27,5           | 23,1          | Пыль, шум           |
| Надземная часть                                                                               |                             |                |               |                     |
| 5. Устройство башенного пути и монтаж башенного крана                                         | 24,6                        | 28,5           | 19,2          | Шум                 |
| 6. Демонтаж башенного крана и разборка подкранового пути                                      | 12,3                        | 14,5           | 9,9           | Шум                 |
| 7. Монтаж поэтажных конструкций                                                               | 998,5                       | 1325           | 756,3         | Шум, пыль, вибрация |
| 8. Монтаж сборных конструкций крыши                                                           | 57,3                        | 69             | 46,5          | Шум                 |

На основе данных таблиц были построены графики (рис. 2), в которых обозначены: общая продолжительность негативного воздействия от процесса строительства каждого дома шума, вибрации, пыли, общее негативное влияние по длительности в зависимости от этажности дома. На данном графике наглядно видно, что самое продолжительное негативное воздействие оказывает строительство 14-этажного дома, за ним идет 9-этажный дом, на последнем месте 5-этажный дом.

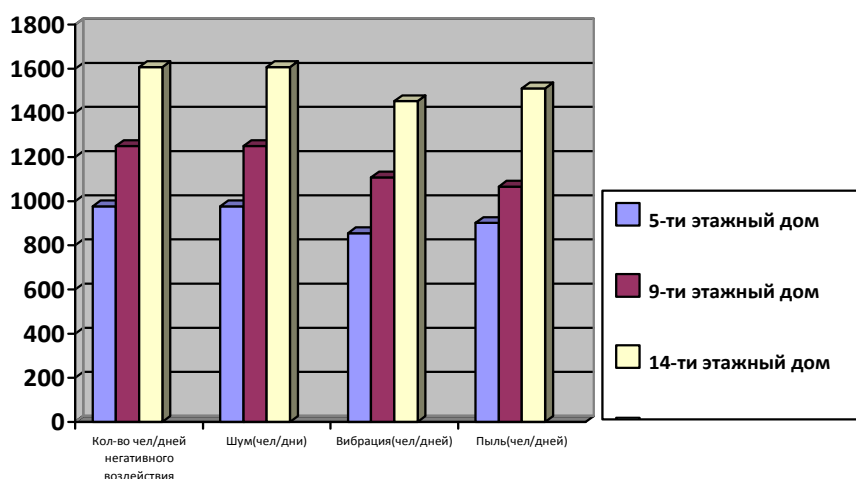


Рис. 2. Продолжительность негативного воздействия при строительстве

Также на графике видно, что самый продолжительный из трех рассматриваемых нами воздействий является шум, за ним идет пыль, на последнем месте — вибрация. Исходя из этого надо в первую очередь снижать шумовое воздействие от стройки, а также выделение пыли.

Соответственно, надо уменьшать сроки выполнения работ, которые вызывают эти негативные воздействия. Для этого надо провести анализ каждой работы в отдельности и определить, какое негативное влияние вызывает та или иная работа.

Двумя самыми продолжительными процессами, оказывающими негативное воздействие, являются: монтаж сборных конструкций подземной части, бетонирование отдельных мест, кирпичная кладка и монтаж поэтажных конструкций. Соответственно, при оптимизации следует обратить внимание в первую очередь на эти работы.

Зависимость продолжительности работ, создающих негативные воздействия, от этажности дома приведена на рис. 3.

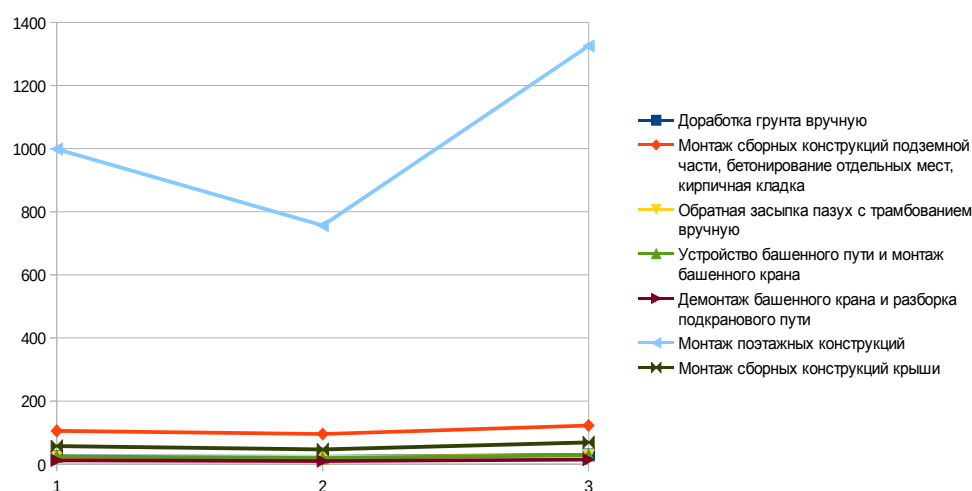


Рис. 3. Зависимость продолжительности работ от этажности здания

На данном графике наглядно видно, что при строительстве 5-этажного дома продолжительность процесса монтажа поэтажных конструкций ниже 24,4 %, а при строительстве 14-ти этажного дома продолжительность того же процесса выше 32,5 %. Расхождение в других работах в процентном соотношении не столь велико, но так как мы говорим о точечной застройке, например, жилого дома, то в данном случае необходимо получить как можно больше жилой площади на меньшем количестве земли, занимаемом зданием. Следовательно, уменьшать продолжительность негативных процессов за счет малоэтажного строительства здесь неуместно. Для более выгодного использования земли, которая и так в дефиците, при таком строительстве следует применять более высокэтажное строительство, но так как при этом возрастает продолжительность негативных воздействий, то необходимо найти способ сведения ее к минимально возможному значению.

Все исследование влияния нового строительства в сложившейся жилой группе предусматривает проведение натурных обследований жилых групп, в

которых ведется строительство, с целью получения информации об уровне шума, загазованности, изменения комфортности данной жилой группы, изменения режима инсоляции, аэрационного режима. Сложность решаемых в исследовании задач предопределила необходимость использования различных методов исследования, предусматривающих комплексный подход в изучении данной проблемы:

- проведение натурных обследований (в жилой группе);
- теоретических расчетов масштабов изменений.

Программа обследования включала в себя следующие задачи :

- 1) изучение повышения уровня шума на разных этапах строительства на территории в зависимости от типа застройки;
- 2) исследование изменения уровня загазованности в зависимости от этапа строительства и типа застройки;
- 3) исследование изменения комфортности проживания в данной жилой группе с появлением нового жилого здания и увеличения количества проживающих в данной жилой группе;
- 4) исследование изменений режима инсоляции и аэрации в жилой группе в зависимости от типа застройки;
- 5) исследование изменения рельефа;
- 6) исследование изменения транспортного потока;
- 7) исследование изменения пожароопасности.

Экспериментальные исследования включали в себя определение, составление статистики, анализ по данным пунктам в соответствии со СНиПами, СП и ГОСТами. Цель этих исследований заключается в выявлении особенностей и закономерностей изменения уровня загазованности, шума, аэрации, инсоляции, изменений комфортности данной жилой группы. Статистический подход позволил исследовать изучаемые величины в зависимости от некоторых контролируемых факторов, которые в процессе эксперимента изменялись. Эти факторы названы регулируемыми. Влияние других факторов при этом рассматривалось как дополнительные изменения, наложенные на истинные результаты экспериментов. Для того чтобы эти воздействия не искажали получаемых результатов, при планировании проведения экспериментальных исследований был применен метод рандомизации, при помощи которого удалось определить влияние регулируемых факторов от контролируемых воздействий. Рандомизация проводилась при помощи таблицы случайных чисел. Планирование проведения эксперимента является одним из важнейших этапов данного научного исследования, т. к. от него зависит не только то, какие показатели будут исследоваться в процессе проведения эксперимента, но и какие результаты будут получены, их репрезентативность. Планирование эксперимента включало в себя:

- выбор числа параметров;
- выбор независимых регулируемых параметров и необходимых сочетаний их уровней;
- определение необходимого объема выборки обследований.

Выбор исследуемых параметров проводился с учетом того, чтобы полученные в результате эксперимента данные могли наиболее полно охарактеризовать картину изменений в экосистеме жилой группы при появлении в ней нового здания (на всех этапах строительства и функционировании оно).

В качестве исследуемых параметров были выбраны следующие:

уровень шума  $V$ ;  
концентрация (СО)  $C$ ;  
изменение времени инсоляции  $T_s$ ;  
изменение аэрационного потока  $V_w$ ;  
изменение нагрузки на КБО, чел/м<sup>2</sup>, —  $K_c$ ;  
изменение плотности транспортного потока  $P_t$ ;  
изменение уровня вибрации  $R$ ;  
изменение уровня освещения  $L$ ;  
изменение структуры дворового пространства;  
видео-экология.

Данные наблюдения (табл. 2) были произведены на местности (Огарёва, 216).

Т а б л и ц а 2

| Наименование                                   | Было | Стало     |
|------------------------------------------------|------|-----------|
| Уровень шума ( $V$ ), Дб                       | 60   | 120(100)  |
| Концентрация СО ( $C$ ), мг/м <sup>3</sup>     | 3    | 11,2(9,5) |
| Изменение времени инсоляции $T$ , ч            | 8,2  | 5,7       |
| Изменение аэрационного потока $V_w$ , м/с      | 4,8  | 4,2       |
| Изменение нагрузки на КБО, чел/м <sup>2</sup>  | 2,91 | 5,41      |
| Изменение плотности транспортного потока $P_t$ |      |           |
| Изменение уровня вибрации $R$ , Дб             | 67   | 135(117)  |
| Изменение уровня освещения $L$ , Лк            | 4    | 65        |

Изначальный уровень шума принимаем как нормативный для реконструируемых территорий 60 Дб. Уровень шума, издаваемый стройкой, принимаем разовый максимальный в 120 Дб, издаваемый отбойным молотком, а также средний уровень в 100 Дб, в который включены звуки стройки, езды большегрузных автомобилей, работающей техники.

Пыль: ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup> разово допустимый, 0,15 мг/м<sup>3</sup> — среднесуточный, класс опасности 3 (пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в % менее 20 (доломит, пыль цементного производства — известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит и др.) ПДК — 0,3 мг/м<sup>3</sup> разово допустимый, 0,1 мг/м<sup>3</sup> — среднесуточная, класс опасности 3 (пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в % 70...20 (шамот, цемент, пыль цементного производства — глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и др.)

Уровень СО изначально принимается как нормативный среднесуточный 3 мг/м<sup>3</sup>. Уровень СО, создаваемый стройкой, принимаем как разовый 11,2 мг/м<sup>3</sup>, создаваемый большегрузным транспортом, обслуживающим стройку, а также принимаем среднесуточную концентрацию СО на время стройки исходя из коэффициента проветриваемости, а также сложения всех источников выбросов СО на стройке.

Изменение времени инсоляции: данный тип данных был получен естественными наблюдениями.

Изменения аэрационного потока: данный тип данных был получен натурными измерениями.

Изменение нагрузки на КБО: данный тип данных получался аналитически, путем расчета отношения количества проживающих в жилой застройке к площадям объектов КБО.  $350/120=2,91$  чел/м<sup>2</sup>. Новый дом будет давать дополнительную нагрузку в 300 человек.  $650/120=5,41$  чел/м<sup>2</sup>.

Уровень освещенности: принимаем за изначальное нормативное значение в 4 Лк как для пешеходных улиц на внутредворовых территориях.

Прожекторы, используемые на стройке, 19 000 Лк, распределяемые на 290 м<sup>2</sup>:  $19\,000/290 = 65$  Лк.

Уровень вибрации: принимаем изначальный показатель из нормативного 67 Дб. Вибрация, создаваемая стройкой и обслуживающим ее грузовым транспортом, равна разовой 135 и среднесуточной 117 Дб.

Таким образом, при проектировании жилого объекта в сложившейся застройке следует учитывать изменение порядка десяти градоэкологических параметров. Необходима система оценки неблагоприятного воздействия нового объекта и принятия решения о возможности строительства в жилой застройке.

Необходимо максимально сокращать сроки строительства для объектов в жилой застройке и предусматривать комплекс мероприятий, уменьшающих вредное воздействие на жителей в прилегающих жилых зданиях.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теличенко В. И., Слесарев М. Ю. Управление экологической безопасностью строительства. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду. М.: АСВ, 2005. 441 с.
2. Дьяконов К. Н., Дончева А. В. Экологическое проектирование и экспертиза. М.: Аспект Пресс, 2005. 384 с.
3. Теличенко В. И., Слесарев М. Ю. Логистика инноваций экологически безопасных строительных объектов // Вестник отделения строительных наук. Российская академия архитектуры и строительных наук. 2001. № 4. С. 183—189.
4. Сидоренко В. Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград, 2000. 200 с.

© Сидоренко В. Ф., Кузнецов Г. С., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Сидоренко В. Ф., Кузнецов Г. С. Учет негативного воздействия возведения отдельных объектов внутри жилой застройки на экологическую обстановку // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 372—378.

Об авторах:

**Сидоренко Владимир Федорович** — д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [kafedra\\_gsx@mail.ru](mailto:kafedra_gsx@mail.ru)

**Кузнецов Георгий Сергеевич** — магистрант кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [kafedra\\_gsx@mail.ru](mailto:kafedra_gsx@mail.ru)

**V. F. Sidorenko, G. S. Kuznetsov**

## **ACCOUNT OF THE NEGATIVE IMPACT ON THE ENVIRONMENT WHEN CONSTRUCTING INDIVIDUAL OBJECTS WITHIN A RESIDENTIAL DEVELOPMENT**

The article deals with the duration of the negative impact on the neighbourhood caused by the construction of a new building. Its assessment by the examples of 5, 9 and 14-storey buildings is carried out.

**Key words:** vibration, fumes, dust, noise, neighbourhood, ecology.

### **REFERENCES**

1. Telichenko V. I., Slesarev M. Yu. *Upravlenie ekologicheskoi bezopasnost'yu stroitel'stva. Ekologicheskaya ekspertiza i otsenka vozddeystviya na okruzhayushchuyu sredu* [Control over environmental safety of the construction. Environmental impact assessment]. Moscow, ASV Publ., 2005. 441 p.
2. D'yakonov K. N., Doncheva A. V. *Ekologicheskoe proektirovanie i ekspertiza* [Environmental design and assessment]. Moscow, Aspekt Press Publ., 2005. 384 p.
3. Telichenko V. I., Slesarev M. Yu. [Logistics of innovations of environmentally safe construction projects]. *Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk. Rossiiskaya akademiya arkhitektury i stroitel'nykh nauk* [Bulletin of the department of construction sciences. Russian Academy of Architecture and Construction Sciences], 2001, no. 4, pp. 183—189.
4. Sidorenko V. F. *Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy ekologicheskogo stroitel'stva* [Theoretical and methodological principles of green building]. Volgograd, 2000. 200 p.

### **For citation:**

Sidorenko V. F., Kuznetsov G. S. [Account of the negative impact on the environment when constructing individual objects within a residential development]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 372—378.

### **About authors:**

**Sidorenko Vladimir Fedorovich** — Doctor of Engineering Science, Professor, honoured science worker of RF, the Head of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kafedra\_gsx@mail.ru

**Kuznetsov Georgii Sergeevich** — Master's Degree student of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kafedra\_gsx@mail.ru

УДК 502.15:502.3

**С. Н. Торгашина, Т. Б. Гадаборшева**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРЫ Г. ВОЛГОГРАДА**

По мнению авторов статьи, важнейшая задача — защита атмосферы от вредных выбросов путем использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Целью данной работы является определение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу путем предложенного метода снижения выбросов.

**Ключевые слова:** защита атмосферы, ущерб, загрязняющие вещества, возобновляемые источники энергии, гелиоустановки, выбросы.

Охрана атмосферы в современных условиях в крупных городах стала одной из актуальнейших проблем современности. Отношение к природной среде является мерой социальных и технических достижений человеческого общества, характеристикой уровня развития общества.

Уровень развития общества, соответственно, определяется уровнем развития экономики. Затраты — это сумма всех средств, израсходованных на предотвращение загрязнения атмосферы по всем направлениям и на борьбу с последствиями загрязнения.

Значительно сложнее определить выигрышные аспекты применения природоохранных мероприятий, к которым относятся: общее повышение качества воздушной среды, снижение действия загрязняющих агентов на строительные конструкции, здоровье населения и т. п. Таким образом, расходы на охрану воздушной среды необходимо рассматривать с учетом вышеназванных факторов, т. е. с экономией от снижения суммарного ущерба. На практике это нереализуемо, поскольку невозможно определить все аспекты суммации такого ущерба [1, 2].

$$D = \sum \text{затраты от общего ущерба} - \sum \text{затраты от реального ущерба} \quad (1)$$

Для определения реального ущерба следует учитывать более широкий диапазон отрицательного воздействия загрязняющих веществ, так как они могут суммироваться, длительно воздействовать, временно накапливаться, а и при возникновении внештатных событий как антропогенного, так и природного характера привести к значительным негативным результатам, разрушающим здоровье населения, что невозможно определить с финансовой точки зрения.

Ущерб от загрязнения атмосферы невозможно оценить даже теоретически, соответственно практическое определение действительного ущерба невозможно [3].

Расходы на защиту воздушной среды обычно сравнивают с расходами на видимый ущерб. В связи с тем, что в общие затраты не включаются расходы, косвенно связанные с загрязнением воздушной среды, т. е. с разрушением строительных конструкций, с повышением заболеваемости населения и некоторыми другими видами ущерба, то тогда изъятие определенных расчетных

параметров не является неконструктивным. Упрощение расчета вреда, наносимого воздушной среде, приводит к снижению социальной значимости охраны атмосферы в общем [4, 5].

В сфере охраны атмосферы, помимо мероприятий по снижению вредных выбросов, предусматривается производство энергии из возобновляемых источников и ее рациональное использование. Это возможно поощрением внедрения энергосберегающих технологий и стимулированием капиталовложений в экологосберегающую технику, применяющую энергию ветра, воды, солнца [6].

Основным нормативом в области охраны окружающей среды для нашего региона является постановление администрации Волгоградской области от 28 сентября 2009 г. № 358-п «О долгосрочной областной целевой программе „Охрана окружающей среды и рациональное природопользование на территории Волгоградской области“».

Нормативно-законодательная работа в указанной сфере позволяет расширить список природоохранных кампаний Волгоградской области. Например, в жилищно-коммунальной сфере и при строительстве общественных зданий и сооружений нашли широкое применение гелиоустановки (табл. 1), относящиеся к экологически чистым технологиям. Эффективность их работы доказана широкой областью применения: для гражданских и промышленных зданий и сооружений и для частного малоэтажного строительства.

Т а б л и ц а 1

*Гелиоустановки в Волгоградской области*

| Объект                                                 | Солнцеприемная поверхность | Год возведения |
|--------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| Среднеахтубинский р-н, г. Краснослободск               | 1,7                        | 2003           |
| Двухконтурное СВУ, Среднеахтубинский р-н               | 2,1                        | 2004           |
| СВУ ГВС ВГСХА, г. Волгоград                            | 2,5                        | 2005           |
| Гелиодушевая экопоселения Кировский р-н г. Волгоград   | 2,3                        | 2005           |
| Демонстрационно-лабораторная СВУ с коллектором «Сокол» | 2,1                        | 2006           |
| СВУ экопоселение, Кировский р-н, г. Волгоград          | 2,3                        | 2006           |
| Гелиодушевая КФХ, Быковский р-н                        | 1,2                        | 2007           |
| СВУ ЦРБ, г. Ленинск                                    | 215                        | 2009           |
| СВУ больница станции Голубинская, г. Волгоград         | 31                         | 2010           |
| СВУ ВГСХА, г. Волгоград                                | 8,1                        | 2010           |
| СВУ Еланская ЦРБ                                       | 251                        | 2010           |

Применение малоотходных и экологичных технологий следует рассматривать с учетом следующих параметров:

- 1) капитальные вложения;
- 2) затраты при эксплуатации: а) энергоносители; б) гарантийное обслуживание и ремонт; в) расходные и вспомогательные материалы и инструменты (вода, увлажнители, нефть, химические реагенты); г) периодические замеры параметров; д) лабораторные исследования; е) дальнейшие расчеты и внедрения;



3) социальные затраты (работоспособность и самочувствие трудоспособной части населения).

Рассмотрим данную ситуацию на примере строительства автономной крышной котельной с тепловым пунктом, предназначенной для теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения жилого дома по ул. Электролевской в Советском районе г. Волгограда. Природный газ используется в качестве топлива. Котельная размещена на крыше жилого строения на отм. 31.380. Котельная (табл. 2) снабжается от наружного газопровода низкого давления и предназначена для бесперебойного теплоснабжения жилого строения, эксплуатируется без постоянного обслуживающего персонала. С целью определения количества загрязняющих выбросов в воздушную среду применяется метод определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 т пара в час или менее 20 Гкал в час. В котельной установлен котел Duomax HP 1400, двухтопочный, состоящий из двух агрегатов, дымовые газы отводятся поагрегатно. В холодный период работают два агрегата, в теплый период один агрегат [8].

Т а б л и ц а 2

*Общие данные котельной*

|                                               |         |
|-----------------------------------------------|---------|
| КПД котла, %                                  | 92,3    |
| Расход газа, м <sup>3</sup> /ч                | 174,6   |
| Расход газа на агрегат, м <sup>3</sup> /ч     | 81,4    |
| Температура теплоносителя, °С                 | 70...96 |
| Топливо (природный газ), МДж/м <sup>3</sup>   | 33,2    |
| Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год | 457,340 |

Загрязнение воздушной среды (табл. 3) происходит в период эксплуатации при сжигании природного газа в водогрейном котле Duomax HP 1400 крышной котельной.

Т а б л и ц а 3

*Загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу*

| Вещество              | Критерий | Значение критерия, мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности | Выброс веществ |          |
|-----------------------|----------|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------|
|                       |          |                                      |                 | г/с            | т/год    |
| Диоксид азота         | ПДК м/р  | 0,085                                | 2               | 0,0369         | 0,3489   |
| Оксид азота           | ПДК м/р  | 0,4                                  | 3               | 0,007          | 0,05669  |
| Оксид углерода        | ПДК м/р  | 5,000                                | 4               | 0,15955        | 1,5106   |
| Бензапирен            | ПДК м/р  | 0,000001                             | 1               | 0,3e-06        | 0,29e-06 |
| Всего веществ 4       |          |                                      |                 | 0,20235        | 1,911599 |
| В том числе твердые 0 |          |                                      |                 |                |          |
| Жидкие/газообразные 4 |          |                                      |                 | 0,20235        | 1,91599  |

Перечисленные вещества являются токсичными (углерода оксид, оксид азота) и канцерогенными (бензапирен).

Эколого-экономическую оценку работ можно выразить через платеж за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (табл. 4) и размещение отходов при строительстве и эксплуатации:

$$П = C_i M_i, \quad (2)$$

где  $i$  — загрязняющее вещество;  $C_i$  — ставка платы за выбросы 1 т загрязняющего вещества;  $M_i$  — расчетный выброс загрязняющего вещества, т.

Т а б л и ц а 4

*Плата за выбросы в атмосферу*

| Загрязняющее вещество                          | Норматив платы, руб. | Выбросы загрязняющих веществ, т | Плата за выбросы, руб. |
|------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1                                              | 2                    | 3                               | 4                      |
| Оксись углерода                                | 0,6                  | 1,5106                          | 0,92                   |
| Двуокись азота                                 | 52                   | 0,34889                         | 18,15                  |
| Оксиды азота                                   | 35                   | 0,05669                         | 1,99                   |
| Бензапирен                                     | 2049801              | 0,29e-07                        | 0,60                   |
| ИТОГО                                          |                      |                                 | 21,63                  |
| с учетом коэффициента экологической значимости | 2,28                 |                                 | 49,29                  |

Невозможно определить все отрицательные аспекты, например такие, как отток основного работоспособного населения, вызванный нежеланием людей проживать в загрязненных областях, несмотря на множество социальных и экономических преимуществ, предоставленных в этих районах (что также стоит денег).

Стоимость защиты воздушной среды городов, так же как и стоимость нанесенного ущерба, невозможно определить, используя только определенные методики. Как рассмотрено выше, подсчет этих расходов можно произвести, используя единую утвержденную методику, либо учитывая весь возможный спектр проблем защиты воздушной среды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Защита воздушной среды от вредных выбросов производств / Т. Б. Гадаборшева, Е. А. Калюжина, С. Н. Торгашина, Л. Н. Чижо. Волгоград: Перемена, 2015. 159 с.
2. McCormac B. M. Introduction to the Scientific Study of Atmospheric Pollution. Dordrecht Springer Netherlands, 1971. 169 p.
3. Nordhaus W. D. Managing the Global Commons The Economics of Climate Change. USA: MIT Press, 1993.
4. Пешинин А. Г. Экологическая оценка экономической эффективности использования возобновляющихся источников энергии: дис... канд. техн. наук. М., 2002. 276 с.
5. Odum E. P. Fundamentals of Ecology. Philadelphia: Saunders, 1995.
6. Журавлев В. П., Сернокрылов Н. С., Пуценко С. Л. Охрана окружающей среды в строительстве. М.: АСВ, 1995. 328 с.
7. Торгашина С. Н. Определение условий оптимизации конструктивно-технологических параметров солнечных коллекторов систем теплоснабжения для нужд горячего водоснабжения: дис... канд. техн. наук. Волгоград, 2006. 182 с.

© Торгашина С. Н., Гадаборшева Т. Б., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

**Ссылка для цитирования:**

Торгашина С. Н., Гадаборшева Т. Б. Эколого-экономические аспекты защиты атмосферы г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 379—383.

**Об авторах:**

**Торгашина Светлана Николаевна** — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Гадаборшева Тамара Бимбулатовна** — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**S. N. Torgashina, T. B. Gadaborsheva**

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE PROTECTION OF THE ATMOSPHERE IN VOLGOGRAD**

According to the authors, the most important task is to protect the atmosphere against harmful emissions and eliminate atmospheric pollution through the use of renewable energy sources. The aim of this study is to determine the amount of emissions of pollutants into the atmosphere with the help of the proposed method of emission reduction.

**Key words:** protection of the atmosphere, damage, pollutants, renewable energy, solar plants, emissions.

**REFERENCES**

1. Gadaborsheva T. B., Kalyuzhina E. A., Torgashina S. N., Chizho L. N. *Zashchita vozdukhnoy sredy ot vrednykh vybrosov proizvodstv* [Air protection against harmful industrial emissions]. Volgograd, Peremena Publ., 2015. 159 p.
2. McCormac B. M. *Introduction to the Scientific Study of Atmospheric Pollution*. Dordrecht Springer Netherlands, 1971. 169 p.
3. Nordhaus W. D. *Managing the Global Commons The Economics of Climate Change*. USA, MIT Press, 1993.
4. Peshnin A. G. *Ekologicheskaya otsenka ekonomicheskoi effektivnosti ispol'zovaniya vozobnovlyayushchikhsya istochnikov energii: dis... kand. tekhn. nauk* [Environmental assessment of economic efficiency of the use of renewable energy sources. Cand. Eng. Sc. Diss.]. Moscow, 2002. 276 p.
5. Odum E. P. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia, Saunders, 1995.
6. Zhuravlev V. P., Serpukhov N. S., Pushchenko S. L. *Okhrana okruzhayushchei sredy v stroitel'stve* [Environmental protection in the construction]. Moscow, ASV, 1995. 328 p.
7. Torgashina S. N. *Opredelenie uslovii optimizatsii konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov solnechnykh kollektorov sistem teplosnabzheniya dlya nuzhd goryachego vodosnabzheniya: dis... kand. tekhn. nauk* [Stipulation of the conditions of optimization of constructive and technological parameters of solar collectors in the systems of heat supply for the needs for hot water supply. Cand. Eng. Sc. Diss.]. Volgograd, 2006. 182 p.

**For citation:**

Torgashina S. N., Gadaborsheva T. B. [Environmental and economic aspects of the protection of the atmosphere in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 379—383.

**About authors:**

**Torgashina Svetlana Nikolaevna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Gadaborsheva Tamara Bimbulatovna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 502:711.01

**О. А. Растяпина, К. В. Бабенко**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА В ГОРОДАХ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В урбанизированной среде постоянно увеличивается негативное воздействие на человека и окружающую среду. Одним из направлений изучения такого воздействия является видеоэкология. Видеоэкология — относительно новое направление в экологической деятельности, позволяющее изучить агрессивность и гомогенность урбанизированной среды. Авторами работы проведено исследование по оценке среды города Волгограда с помощью методов видеоэкологии и даны рекомендации по улучшению облика градостроительной среды.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** видеоэкология, агрессивная среда, гомогенная среда, визуальная среда, оценка агрессивной среды.

С древнейших времен человечество жило в гармонии с природой, которая в полной мере являлась его естественной средой обитания. Человечество понимало, сколь незащищено оно перед силами природы, и людям было необходимо обезопасить себя от разного рода природных воздействий. С развитием научно-технического прогресса цивилизация все больше проникает в естественную среду, оказывает на нее прогрессирующее негативное влияние. Развивая строительство и производство как отрасль, человек только неизбежно обостряет экологические проблемы. Поэтому сегодня проектировщики и ученые все больше проявляют заинтересованность в попытках гармонизировать отношения общества с природой. В настоящее время при проектировании архитектурных сооружений и зданий прослеживается экологический подход к решению данной задачи. Однако четких границ, которые бы определяли этот вид проектной деятельности, не существует.

Устойчивое развитие города как системы невозможно без соблюдения определенных экологических параметров и стандартов, формирующих экологическую безопасность территории. В последнее время достаточно много внимания уделяется различным источникам загрязнения урбанизированных территорий большинства городов, таким как шумовое, химическое, электромагнитное, зрительное [1]. Последний вид загрязнения имеет прямое отношение к визуальной среде, характеризуется дискомфортом, воздействующим на мироощущение человека, его психологическое и физическое состояние, и вызывает целый перечень заболеваний различного характера. Причем сам человек не осознает последствия этого воздействия. Комфортность визуальной среды — один из главных компонентов жизнеобеспечения человека, так как посредством зрения человек получает преобладающее количество информации (около 80 %). За последнюю половину XX века в связи с урбанизационными процессами, все больше отторгающими человека от природы и ее естественной визуальной среды, стала особенно популярной проблема видеоэкологии [2].

Видеоэкология — это учение об экологии видимой среды, научное направление, изучающее аспекты взаимодействия человека с окружающей ви-

димой средой [3]. Последняя все больше отличается от природной и противоречит законам нормального зрительного восприятия.

Изучение проблемы экологии архитектурного пространства берет свое начало в исследованиях 1970-х гг., изначально в рамках изучения охраны окружающей среды, а затем — градостроительной экологии, динамики городского ландшафта, социальных и культурологических проблем, вопросов проектирования и архитектурно-пространственной организации жилой, общественной сред [4]. Согласно теории непосредственного восприятия Джеймса Гибсона восприятие зрительного мира происходит непосредственно, а не опосредованно через рецепторы и ассоциативные системы головного мозга. Его теория объясняет механизм формирования целостного образа у человека, тогда как любая традиционная теория восприятия исходит из того, что контакт человека с объектами внешнего мира опосредован светом, ведь воздействие света на орган зрения вызывает психические состояния, называемые ощущениями [5].

Видеоэкология является составной частью общей экологии человека. Данный термин был введен в 1989 г. доктором биологических наук В. А. Филиным, с 1991 г. являющегося директором московского центра «Видеоэкология» — единственной в мире организации, занимающейся изучением влияния визуальной окружающей среды на человека. По мнению самих сотрудников данного центра, эту науку было бы целесообразнее назвать «визиоэкология» (от *визио* — зрение). Однако термин «видеоэкология» уже получил распространение и в России и за рубежом.

Теоретической базой для этой области науки послужила концепция об автоматии саккад, сформулированная самим же В. А. Филиным [6]. Согласно этой концепции глазодвигательный аппарат человека совершает быстрые непроизвольные перемещения взгляда в автоматическом режиме (около двух и более раз в секунду), именуемые саккадами, как в состоянии бодрствования, независимо от наличия или отсутствия зрительных объектов, так и в парадоксальной стадии сна — фазе, при которой электроэнцефалограмма регистрирует даже большую активность мозга человека, чем в бодрствующем состоянии [7]. В физиологии известны различные автоматические процессы, например автоматия работы сердца и автоматия дыхания. Таковой же является и автоматия саккад. Глаза непрерывно сканируют видимое окружающее пространство. После каждой саккады глаз фиксирует какой-либо зрительный элемент, и в мозг поступает информация об увиденном [8]. Когда взгляд останавливается на каком-либо элементе, амплитуда саккад уменьшается до минимума и происходит чередование фиксации глаз на новых элементах и предметах. Человек в это время отдыхает, ничего не рассматривая пристально, а это значит, что автоматия саккад работает в собственном режиме с предпочтительной ориентацией и интервалом [9].

Все это означает, что при создании искусственной среды обитания человека, в которой он живет всю жизнь, наряду с другими требованиями необходимо учитывать насыщенность среды видимыми элементами. Восприятие визуальной среды представляет собой процесс смены «видовых кадров», картин, по-разному и в разных аспектах рассматриваемый исследователями. «Поток зрительных впечатлений», на формирование которого оказывает определенное влияние проектировщик, организуя сценарий смены видовых

кадров и картин, представляет единое целое. Вместе с тем поток — это фактически сочетание плавной смены кадров и дискретных разрывов с резким, скачкообразным, внезапным изменением впечатлений [10]. Но, к сожалению, требования эти повсеместно нарушаются, в результате чего создается противоестественная визуальная среда, порождающая гомогенные и агрессивные видимые поля.

Все это на сегодняшний день привело к достаточно серьезной проблеме, и дело даже не только в эстетической стороне вопроса. Люди живут в квартирах-клетках и ходят по улицам-коридорам, не подозревая, но, безусловно, ощущая на собственном психофизическом состоянии влияние многочисленных гомогенных и агрессивных визуальных полей, вызывающих необъяснимый душевный дискомфорт и депрессию.

Актуальность выбранной темы данного исследования обуславливает то, что окружающая горожан видимая среда становится экологически опасным фактором, а наука на сегодняшний момент до сих пор не разработала никаких нормативных документов по формированию визуальной среды, отсутствуют и требования по допустимым отклонениям, размерам агрессивных и гомогенных полей города [2].

Наибольший вред органам зрения и психическому состоянию человека с точки зрения видеоэкологии наносят агрессивные визуальные поля — среды, состоящие из множества одинаковых, равномерно распределенных зрительных элементов. Самые распространенные примеры — многоэтажный жилой дом со множеством окон, стены, облицованные кафельной плитой, группы домов, покрашенные в одни и те же цвета, большие остекленные плоскости, а также всевозможные решетки, сетки, гофрированный алюминий. Причем нередко одно агрессивное поле накладывается на другое.

Видимое поле, на котором либо вовсе отсутствуют видимые элементы, либо их число резко снижено, именуется гомогенным. Таковыми являются торцы зданий, которые и вовсе не подразумевают наличие каких-либо визуально выделяющихся элементов, за которые глаз мог бы «зацепиться» после саккады, глухие заборы, подземные переходы, асфальтовое покрытие, панели большого размера и т. д.

Если же гомогенная среда характеризуется недостатком и скудностью поступающей информации либо, как отмечалось ранее, вовсе отсутствием таковой, то агрессивная среда, напротив, несет в себе избыток информации, причем повторяющейся. Считается, что более девяти повторяющихся подряд элементов являются агрессивной средой для органов зрения, поэтому среди элементов одного порядка (окна в зданиях типовой застройки, прямоугольные и квадратные плитки и кирпичи) глазу трудно зафиксировать какой-то отдельный из них [11].

К сожалению, застройка по типовым проектам характерна для многих городов. Этот образ застройки воздействует на подсознательном уровне и отрицательно сказывается на здоровье поколения. В существующей застройке зрительных элементов либо недостаточно, либо они вовсе отсутствуют, все вокруг становится однородным полем. Человеческая психика не выдерживает такой нагрузки и постепенно нарушает свою естественную работу. На пустыре, где осуществляется строительство нового здания, высотные здания создают сильный контраст, большое открытое пространство требовало боль-

ших затрат на благоустройство, которое не получало реализации. В серые зимние месяцы, когда кругом преобладают бесцветные монохромные тона, сама среда в комплексе с ежедневными проблемами порождала у человека угнетенные состояния вплоть до депрессии. Отсюда рост конфликтов, зарождение преступности.

Разделение города на монофункциональные жилые районы и деловые центры резко увеличило необходимость транспортных перемещений горожан [12]. Отмечено три группы проблем, возникающих в результате длительного пребывания человека в гомогенной среде: психические расстройства, близорукость, повышенная агрессивность [13]. По статистике, именно в районах типовой застройки, появившихся до конца 80-х годов прошлого столетия, выше процент самоубийств, несчастных случаев и криминальных происшествий. Люди, проживающие там, чаще болеют и умирают.

Органы зрения человека ежедневно сталкиваются с прямыми пересечениями плоскостей — фасадов домов, с преобладанием монотонных серых цветов бетона, асфальта площадей и улиц, перпендикулярных перекрестков, примыкающих к ним углов зданий [14]. В природе же преобладают «живые» цвета (благоприятный для глаза зеленый цвет и другие), произвольные формы, человек точно знает, на каком объекте сфокусировано его зрение, каково примерное расстояние до этого объекта, его характерные черты (к примеру, размер). Максимально комфортной визуальной средой считается естественная среда (лес, горы, реки, моря, облака). Природный ландшафт местности позволяет глазу «отдохнуть» и воспринимать визуальную информацию без серьезных возрастающих нагрузок на органы зрения, как это происходит в городской среде [15].

Комфортная визуальная среда благотворно влияет на физиологическое, нравственное состояние людей. Поэтому необходимо реализовывать пути решения создавшихся проблем, необходима выработка четких параметров по созданию комфортной визуальной среды, которая бы соответствовала физиологическим нормам зрения.

Таким образом, формирование комфортной визуальной среды является неотъемлемым элементом проектирования и формирования экологической безопасности на территории города, так как нарушение этого показателя приводит к необратимым последствиям и сказывается на состоянии здоровья человека. Необходимо более детальное изучение визуальной среды городов и разработка принципов по формированию комфортного видеоэкологического пространства для городов с целью обеспечения экологической безопасности на территории города.

Городская среда — сложное субъектно-объектное единство, включающее в себя множество пространственно-функциональных и поведенческих взаимодействий. Для того чтобы среда города в полной мере могла отвечать этим требованиям без вреда здоровью горожан, в ней необходимо создать ощущение психологического удобства, комфорта и безопасности. Иными словами, исключить все негативные влияния и воздействия со стороны городской среды на человека и его мироощущение. В качестве основных приемов, способствующих решению данной проблемы, следует отметить: колористическое решение, озеленение городской среды и дополнение благоустроенного облика городской среды малыми архитектурными формами. Цвет

является основной составляющей окружающего нас мира, поэтому при правильном использовании цветовых оттенков можно создать оптимальные условия зрительного восприятия, которые, в свою очередь, позволят создать благоприятные условия для работы и тем самым повысить производительность труда [14].

Сделать это возможно, например, при помощи цветового решения внешней среды, способствуя объединению различных по стилю и характеру видов застройки в единый архитектурный ансамбль. Такое объединение может осуществляться за счет контраста цвета старой и новой застройки, нюансными сочетаниями в пределах определенной гаммы поверхностей старых и новых зданий, а также цветовым зонированием [16].

Выбор цветового решения фасадов зданий и сооружений зависит от размера, масштаба и характера застройки. Наглядным примером может служить жилой дом «Simplon A» в Будапеште. Его сложно не заметить и сложно спутать с каким-нибудь другим строением. Оно разукрашивает жизнь района яркими цветами своего фасада.

Цвет ориентирует человека в пространстве и во времени, придает значение отдельным компонентам среды, создает психофизиологический комфорт, формирует содержательное и эмоционально насыщенное городское пространство [15].

В пределах зрительного восприятия и ощущения различные визуальные признаки вызывают разную по интенсивности и качеству эмоциональную реакцию. Эмоциональный фон ярко выражен в восприятии цвета: красный цвет обладает большей силой воздействия, чем голубой. Доказано, что чувства, порождаемые цветами, сходны у разных народов и индивидов с различным культурным уровнем. Черный цвет сигнализирует опасность, угнетает, что отражает трудность ориентировки в темноте. Красный вызывает возбуждение. Голубой связан с цветом открытого пространства, он может как успокаивать, так и вызывать чувство тревоги. Зеленый помогает рассеивать негативные эмоции, он соответствует стабильности, постоянству, силе воли, приносит спокойствие и умиротворенность, которые так необходимы в городской среде, помогает сконцентрироваться и принять решение.

Для улучшения условий восприятия городской среды необходимо насытить пространство городов большим количеством озелененных территорий: скверами, садами, парками, которые будут играть роль оазисов, безопасных для проведения досуга, это также позволит разгрузить и структурировать определенным образом пространство города.

В качестве яркого примера того, каким образом должна быть сформирована визуальная среда, можно привести многоцелевой культурный центр Culture Forest в Сеуле (Южная Корея). Задумка данного проекта в том, чтобы дать возможность жителям быть ближе к природе, отдыхать умом и душой. Экстерьер здания максимально открыт и прозрачен. Фасад сформирован посредством чередования просторных участков остекления, зеленых зон и панелей, генерирующих солнечную энергию. На территории вокруг центра разработана система пешеходных дорожек, образующих улицу, получившую свое визуальное продолжение внутри здания.

В современной архитектуре существует специальный метод или прием озеленения, именуемый «зеленые фасады» — вертикальное озеленение фаса-



дов домов. Родоначальником считается французский ботаник Патрик Блан. Привлекательность и связь с природой являются главными достоинствами этого приема озеленения. Колористика растительного окружения обладает способностью воздействовать на человека, на его эмоциональное состояние, волновать или успокаивать, создавать определенное настроение, вызывать ассоциативные сравнения, а также формировать в сознании людей ощущение красоты и умиротворения [17]. Помимо этого растительный экран помогает бороться с загрязнением воздуха, так как очищает его, защищает фасады от влияния плохой погоды, снижает энергопотребление. Зимой зеленая стена ограждает от холода, летом работает как естественная система охлаждения. Все большей популярностью пользуется вертикальное озеленение. В такой среде все механизмы зрения работают в естественном режиме [15].

Следует добавить, что проект, связанный с озеленением фасадов домов, на территории России пока сложно реализовать: он весьма затратен, кроме того, ввиду короткого летнего сезона на территории России, сооружения такого масштаба становятся неактуальными, особенно на севере страны. Но результат оправдывает себя, поэтому необходимо искать обходные пути для реализации подобной цели.

Для того чтобы архитектурный облик города был ярким, художественно полноценным, выразительным, способствовал созданию благоприятных условий для жизнедеятельности человека, удовлетворяя его эстетические, функциональные и культурные потребности, в нем должны активную роль играть многочисленные элементы современной архитектуры, произведения садово-паркового искусства, ландшафтная архитектура и внешнее благоустройство, произведения монументально-декоративного искусства, вечернее световое и цветковое решение города.

Произведения монументально-декоративного искусства, формирующиеся в системе внешнего благоустройства в художественно-декоративные композиции (скульптурные, живописно-графические), создают уникальную художественно-эстетическую среду, обладающую активным идейно-образным содержанием, оказывающую большое влияние на воспитание населения.

В формировании архитектурного облика города малые архитектурные формы играют значительную роль. Они дополняют и развивают общую градостроительную идею, являются одним из средств создания выразительности и разнообразия городских пространств. Применение малых архитектурных форм позволяет сравнительно незначительными средствами добиться большого художественного эффекта, придать отдельным элементам застройки особую индивидуальность без нарушения целостности всей композиции, внести оживление и разнообразие.

Объекты малых архитектурных форм остаются в памяти прохожих, формируя неповторимое впечатление, являясь островками изящных дизайнерских решений среди рядов безликих строений.

Кевин Линч говорил, что «город — не только то, что может увидеть глаз, услышать ухо; это пространство, которое можно воспринимать не только органами чувств непосредственно, но и на уровне абстракции, воображения, и даже темпорально: поскольку оно различно в разное время суток, днем и ночью, зимой и летом» [18].

Авторами работы проведено исследование влияния визуальной среды города Волгограда на психоэмоциональное состояние человека с использованием методов видеоэкологии.

В ходе изучения проблемы были поставлены следующие задачи:

- 1) определить и сформулировать сложившиеся проблемы больших городов;
- 2) разработать анкету для горожан с целью выявления их отношения к конкретным зданиям и сооружениям, паркам и скверам г. Волгограда;
- 3) на основании анкетного опроса жителей определить основные градостроительные объекты (факторы), влияющие на эмоциональное состояние жителей (табл. 1);
- 4) на основании полученных данных посчитать коэффициент агрессивности конкретных архитектурных единиц (парков и зданий), заявленных в анкете, сравнить их между собой;
- 5) проанализировать полученную информацию и предложить пути решения выявленных неблагоприятных тенденций.

Т а б л и ц а 1

*Градостроительные объекты, влияющие на эмоциональное состояние жителей, по районам города*

| Район             | Объекты, вызывающие положительные эмоции                                                                                                           | Объекты, вызывающие отрицательные эмоции                                                 |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Красноармейский   | Развлекательный центр Гиппопо                                                                                                                      | Кинотеатр Юбилейный                                                                      |
| Кировский         |                                                                                                                                                    | Заводы                                                                                   |
| Советский         | ТЦ Акварель                                                                                                                                        | Заводы                                                                                   |
| Ворошиловский     | «Волжские паруса»; Казанский собор; сухой фонтан на пл. Советской; скульптура «Ангел-Хранитель» (в парке Саши Филиппова); ВолгАСУ                  | Заводы; ТЦ Меркурий                                                                      |
| Центральный       | Родина-мать; Мамаев курган; НЭТ; фонтан «Искусство»; Волгоград-Сити; Музей-панорама "Сталинградская битва"; Трамвай-памятник в Комсомольском парке | Здание ВолгГТУ; автовокзал; гостиница «Park Inn BY Radisson»; заводы; кинотеатр «Победа» |
| Краснооктябрьский | —                                                                                                                                                  | Завод «Красный Октябрь»                                                                  |
| Тракторозаводской | —                                                                                                                                                  | Заводы                                                                                   |
| Дзержинский       | —                                                                                                                                                  | —                                                                                        |

После анкетирования, в котором участвовало 53 респондента, полученные данные были проанализированы, а на их основании составлена таблица табл. 2, по которой можно судить о том, сколько человек и как отзываются о том или ином архитектурном объекте (здании, парке). Оценка производилась по 5-балльной шкале.

Одной из задач, поставленных в данной работе, является расчет коэффициента агрессивности каждого из архитектурных объектов, приведенных в анкете. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 2

*Оценка некоторых объектов города, наиболее часто отмечаемые в анкетах респондентами*

| Критерии                      | Оценка от 1 до 5 (1 — очень плохо; 2 — плохо; 3 — удовлетворительно; 4 — хорошо; 5 — отлично) |       |       |       |       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                               | «1»                                                                                           | «2»   | «3»   | «4»   | «5»   |
| Сквер Саши Филиппова          |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 2                                                                                             | —     | 8     | 19    | 16    |
| Процентное соотношение, %     | 4,44                                                                                          | —     | 17,78 | 42,22 | 35,56 |
| Комсомольский парк            |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 4                                                                                             | 7     | 15    | 14    | 5     |
| Процентное соотношение, %     | 8,89                                                                                          | 15,56 | 33,33 | 31,11 | 11,11 |
| Парк Баку                     |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 3                                                                                             | 2     | 4     | 15    | 21    |
| Процентное соотношение, %     | 6,67                                                                                          | 4,44  | 8,89  | 33,33 | 46,67 |
| ВолгГТУ                       |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 1                                                                                             | 4     | 9     | 22    | 8     |
| Процентное соотношение, %     | 2,22                                                                                          | 8,89  | 20    | 48,89 | 17,78 |
| Старый корпус ВолгГАСУ        |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 1                                                                                             | 6     | 17    | 11    | 9     |
| Процентное соотношение, %     | 2,22                                                                                          | 13,33 | 37,78 | 24,44 | 20    |
| ВолгГУ                        |                                                                                               |       |       |       |       |
| Количество респондентов, чел. | 1                                                                                             | 1     | 14    | 22    | 6     |
| Процентное соотношение, %     | 2,22                                                                                          | 2,22  | 31,11 | 48,89 | 13,33 |

Т а б л и ц а 3

*Коэффициент агрессивности по некоторым исследуемым градостроительным объектам города*

| № п/п | Объект                 | Средний балл (Р) | $K_{\text{агр}}$ |
|-------|------------------------|------------------|------------------|
| 1     | Сквер Саши Филиппова   | 4,044            | 24,73            |
| 2     | Комсомольский парк     | 3,2              | 31,25            |
| 3     | Парк Баку              | 4,089            | 24,46            |
| 4     | ВолгГТУ                | 3,733            | 26,79            |
| 5     | Старый корпус ВолгГАСУ | 3,467            | 28,84            |
| 6     | ВолгГУ                 | 3,711            | 26,95            |

Таким образом, на основании проведенного анализа агрессивности установлено, что шесть исследуемых объектов города Волгограда обладают коэффициентом агрессивности, превышающим 20 %. При заданной оценке 20 % означает оптимальную среду восприятия. Положительным моментом в данном исследовании является то, что полученное значение коэффициента в незначительной степени превышает заданный параметр. Однако наибольшее значение коэффициента агрессивности (31,25 %) у парка Комсомольский, это то место, где люди должны отдыхать.

Сложившаяся на сегодняшний момент ситуация в городах, безусловно, оставляет желать лучшего: переуплотнение населения и транспортная перегруженность, шум и загазованность, повышенная плотность информационно-

го потока и, как следствие, избыточность получаемой визуальной информации, негативно влияющей, в первую очередь, на здоровье и жизнедеятельность, снижают эффективность работы и даже приводят к психическим заболеваниям. Все эти проблемы уже вошли в повседневную жизнь каждого горожанина.

Для того чтобы сформировать гармоничную среду и то пространственное окружение, которое бы отвечало современным потребностям и формам поведения человека, необходимо производить реконструкцию уже сложившихся и сформированных каркасов города. Тогда с помощью данного процесса станет возможным осуществление контроля над жизнью города путем обновления пространства, его модернизации, с сохранением наиболее значимой сложившейся среды, возможно будет отслеживать ту или иную активность разных слоев населения, а также их взаимовлияние.

Современная среда больших городов отторгает и вытесняет человека. Возможно, если бы видеоэкология как наука сформировалась раньше, а «архитекторы в своем творческом процессе руководствовались законами зрительного восприятия, то можно с уверенностью сказать, таких крупных просчетов в формировании городской визуальной среды можно было бы избежать» [11, 19]. Видеоэкология смогла бы предотвратить те негативные явления в формировании городского пространства, и столь масштабных ухудшений визуальной среды городов и вовсе не пришлось бы сегодня наблюдать.

При помощи государственных и общественных инициатив возможно сохранить уже существующие или восстановить природные экосистемы в черте города. Было бы уместно и рационально проведение социальных акций и программ, направленных на улучшение экологической составляющей городского пространства.

Произведения архитектуры способны передавать многие идеи, а также вызывать разнообразные чувства, влияя на человека, воздействуя на его сознание, эмоции и поведение. При взгляде на высотные здания, кажется, что они «изливаются» на человека столь обильно, что вызывают при этом неуверенность и потерю ориентации. Порой самым удивительным является сама геометрия таких зданий, которая за счет непростой системы правильных горизонталей и вертикалей предусмотрена для битвы скорее с ветром, нежели с силой тяжести. В них заключается сама бесконечность, отмеряемая лишь четким модулем конструкций, но ровно до того момента, пока оно не пропадет в оптической дымке, созданной расстоянием и светом.

Человечество накопило громадный опыт видеоэкологического решения объемно-пространственной композиции (величественные соборы, церкви и дворянские особняки). Видеоэкологические композиции современных зданий характерны в основном для индивидуальных жилых домов, для так называемого «элитного жилья» [2].

Формированию комфортной видимой среды в городе может также способствовать развитие архитектурной бионики — прикладной науки о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. Именно бионика в наибольшей степени включает в себя комплекс факторов совместимости с биосферой.

Таким образом, формирование комфортной визуальной среды является неотъемлемым элементом проектирования и формирования экологической безопасности на территории города, так как нарушение этого показателя приводит к необратимым последствиям и сказывается на состоянии здоровья человека. Необходимо более детальное изучение визуальной среды городов и разработка принципов формирования комфортного видеоэкологического пространства для городов с целью обеспечения экологической безопасности на территории города.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Посевина Ю. М., Гальченко С. В., Сироткина Ю. В. Колористика городских зданий и сооружений как видеоэкологический фактор (на примере г. Рязани). Рязань: ПервопечатникЪ, 2016. 496 с.
2. Городков А. В., Салтанова С. И. Агрессивные визуальные поля города как фактор несовместимости биосферы и урбосреды // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 1. С. 76—84 с.
3. Филин В. А. Видеоэкология. М.: ТАСС-Реклама, 1997. 317 с.
4. Иовлев В. И. Экологические основы формирования архитектурного пространства (на примере Урала) 1-й том: автореферат дисс... д-ра архит. М., 2009. 304 с.
5. Гибсон Г. Экологические процессы зрительного восприятия. М.: Прогресс, 1988. 380 с.
6. Филин В. А. Автоматия саккад. М.: Изд-во МГУ, 2001. 263 с.
7. Филин В. А. Проблема видеоэкологии городской среды // Колористика города (материалы международного семинара). М., 1990. Т. 2. С. 62—79.
8. Городков А. В., Салтанова С. И. Экология визуальной среды. СПб.: Лань, 2013. 192 с.
9. Филин В. А. Видеоэкология: что для глаза хорошо, а что — плохо. М., 2006. 512 с.
10. Беляева Е. Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия. М.: Стройиздат, 1977. 125 с.
11. Филин В. А. Видимая среда в городских условиях как экологический фактор. М.: Наука, 1990. 50 с.
12. Черепанов К. А. Проблемы выбора оптимальных параметров застройки в зависимости от социальных, экономических и экологических свойств городской среды // Молодой ученый. 2014. № 2(61). С. 216—232.
13. Былинская В. С., Кухарчук Т. И. Визуальная среда города как проблема психического благополучия человека // Социальное воспитание. 2016. № 2. URL: soc-vospitanie.esrae.ru/49-94
14. Гальченко С. В., Посевина Ю. М. Экологическая оценка визуальной среды на примере г. Рязани // Экологический вестник России. 2015. С. 66—69.
15. Иванов В. А., Колчин Е. А., Конякин Г. Н. Обеспечение комфортной визуальной среды в городе. Воронеж: Вэлборн, 2015. 105 с.
16. Эстетика фасадов зданий. URL: [http://revolution.allbest.ru/construction/00514716\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/construction/00514716_0.html)
17. Барковская А. Ю., Янин К. Д. Влияние архитектурного пространства на качество жизни горожан // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2016. № 11-2(73). С. 45—47.
18. Линч К. Образ города / перевод с англ. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
19. Филин В. А. Экология визуальной среды города // Экология и жизнь. 2007. № 7. С. 50—54.

© Растяпина О. А., Бабенко К. В., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Растяпина О. А., Бабенко К. В. Необходимость формирования визуального пространства в городах с целью обеспечения экологической безопасности // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 384—395.

*Об авторах:*

**Растяпина Оксана Анатольевна** — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [O\\_rast@list.ru](mailto:O_rast@list.ru)

**Бабенко Кристина Викторовна** — магистрант кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [k210594@yandex.ru](mailto:k210594@yandex.ru)

**O. A. Rastyapina, K. V. Babenko**

**THE NEED FOR THE FORMATION OF VISUAL SPACE IN URBAN AREAS IN ORDER TO ENSURE ENVIRONMENTALLY SOUND SPACE**

The negative impact on humans and the environment is constantly increasing in the urban environment. Video-ecology is one of the fields of study of such effects. Video-ecology is a relatively new trend in the environmental performance, which allows us to study the aggressiveness and the homogeneity of the urban environment. The authors conduct the study to assess the urban environment in Volgograd with the help of methods of video-ecology. They provide recommendations on the improvement of the appearance of the town-planning environment.

**Key words:** video-ecology, aggressive environment, homogeneous environment, visual environment, evaluation of the aggressive environment.

REFERENCES

1. Posevina Yu. M., Gal'chenko S. V., Sirotkina Yu. V. *Koloristika gorodskikh zdaniy i sooruzheniy kak videoekologicheskii faktor (na primere g. Ryazani)* [Colouristics of urban buildings and structures as a video ecological factor (by the example of the city of Ryazan)]. Ryazan, Pervopechatnik Publ., 2016. 496 p.
2. Gorodkov A. V., Saltanova S. I. [Aggressive visual fields of the city as a factor of biosphere incompatibility of urban environment]. *Biosferaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biosphere compatibility: human, region, technologies], 2013, no. 1, pp. 76—84.
3. Filin V. A. *Videoekologiya* [Videoecology]. Moscow, TASS-Reklama, 1997. 317 p.
4. Iovlev V. I. *Ekologicheskie osnovy formirovaniya arkhitekturnogo prostranstva (na primere Urala) 1-i tom* [Ecological principles of the formation of the architectural space (by the example of the Urals). 1 v.]. Diss. Cand. Architecture. Moscow, 2009. 304 p.
5. Gibson G. *Ekologicheskie protsessy zritel'nogo vospriyatiya* [Ecological processes of visual perception]. Moscow, Progress Publ. 1988. 380 p.
6. Filin V. A. *Avtomatiya sakkad* [Saccade automatism]. Moscow, Publishing House of MSU, 2001. 263 p.
7. Filin V. A. [The problem of videoecology of the urban environment]. *Koloristika goroda (materialy mezhdunarodnogo seminara)* [Colouristics of the city (proceedings of the International Workshop)]. Moscow, 1990, vol. 2, pp. 62—79.
8. Gorodkov A. V., Saltanova S. I. *Ekologiya vizual'noi sredy* [Ecology of the visual environment]. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2013. 192 p.
9. Filin V. A. *Videoekologiya: chto dlya glaza khorosho, a chto — plokho* [Videoecology: what is good for eyes and what is bad]. Moscow, 2006. 512 p.
10. Belyaeva E. L. *Arkhitekturno-prostranstvennaya sreda goroda kak ob'ekt zritel'nogo vospriyatiya* [Architectural and spatial environment of the city as an object of visual perception]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1977. 125 p.
11. Filin V. A. *Vidimaya sreda v gorodskikh usloviyakh kak ekologicheskii faktor* [The visible environment under urban conditions as an ecological factor]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 50 p.
12. Cherepanov K. A. [Problems of the choice of optimal parameters of a development depending on social, economic and ecological properties of the urban environment]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], no. 2(61), pp. 216—232.
13. Byilinskaya V., Kuharchuk T. [Visual environment of the city as a problem of a person's mental well-being]. *Sotsial'noe vospitanie* [Social education], 2016, no. 2. URL: [soc-vospitanie.esrae.ru/49-94](http://soc-vospitanie.esrae.ru/49-94)

14. Gal'chenko S. V., Posevina Yu. M. [Ecological assessment of the visual environment in Ryazan]. *Ekologicheskii vestnik Rossii* [Ecological Bulletin of Russia], 2015, pp. 66—69.
15. Ivanov V. A., Kolchin E. A., Konyakin G. N. *Obespechenie komfortnoi vizual'noi sredy v gorode* [Providing the comfortable visual environment in the city]. Voronezh, Velborn Publ., 2015. 105 p.
16. *Estetika fasadov zdaniy* [Aesthetics of elevations of buildings]. URL: [http://revolution.allbest.ru/construction/00514716\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/construction/00514716_0.html)
17. Barkovskaya A. Yu., Yanin K. D. [Influence of architectural space on the quality of citizens' lives]. *Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki* [Historical, Philosophical, Political and Law Sciences, Culturology and Study of Art. Issues of Theory and Practice], 2016, no. 11-2(73), pp. 45—47.
18. Lynch K. *Obraz goroda* [The image of the city]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1982. 328 p.
19. Filin V. A. [Ecology of the visual environment of the city]. *Ekologiya i zhizn'* [Ecology and life], 2007, no. 7, pp. 50—54.

*For citation:*

Rastyapina O. A., Babenko K. V. [The need for the formation of visual space in urban areas in order to ensure environmentally sound space]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 384—395.

*About authors:*

**Rastyapina Oksana Anatol'evna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [O\\_rast@list.ru](mailto:O_rast@list.ru)

**Babenko Kristina Viktorovna** — Master's Degree student of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [k210594@yandex.ru](mailto:k210594@yandex.ru)

УДК 719+069 (470.45-25)

**А. В. Антюфеев**

*Волгоградский государственный технический университет*

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНЫХ МЕСТ  
ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (НА ПРИМЕРЕ ПАМЯТНИКОВ  
СТАЛИНГРАДСКОЙ БИТВЫ)**

В статье представлены предложения по градостроительному планированию достопримечательных мест, связанных с событиями Великой Отечественной войны в целом и Сталинградской битвы в частности. Объектом исследования явились достопримечательные места, относящиеся к категориям федерального и регионального значения, по типу — к памятникам истории Великой Отечественной войны, как установленные, так и предполагаемые к установлению («Сталинградская битва», «Лысая гора», «Сталинградское кольцо»). Основными результатами работы стали: определение особенностей территориально-пространственной организации достопримечательных мест, связанных с событиями Великой Отечественной войны, и предложения по установлению типологии достопримечательных мест военной истории.

**Ключевые слова:** достопримечательные места, памятники военной истории, Сталинградская битва, архитектурный мемориальный ансамбль.

Проблема сохранения и использования как эффективного средства патриотического воспитания памятников военной истории в настоящее время в нашей стране приобрела особую значимость. С одной стороны, за прошедшие более чем 70 лет мирной жизни затянулись «раны войны», оставленные на территории российских городов и поселений, исчезли многие материальные знаки-свидетельства военных событий, изменился ландшафт, выросла новая застройка, преобразившая поля прошедших военных сражений. Поэтому тем важнее становится задача сохранения подлинных исторических памятников.

С другой стороны, настоящий период характеризуется особой политической остротой, пересмотром отношения, прежде всего зарубежного сообщества, к результатам Второй мировой войны и к победе советского народа, к цене, которая заплачена за эту победу. В этой связи сохранение памятников Великой Отечественной войны как исторических фактов является защитой от клеветнических измышлений идеологических противников нашего государства и одновременно основой для воспитания в новых поколениях уважения к своей стране и гордости за свою Родину. Актуальность охраны наследия военной истории подчеркивалась и в таком документе, как «Государственная стратегия формирования системы достопримечательных мест, историко-культурных заповедников и музеев-заповедников в Российской Федерации» (2008). Этот документ поставил задачу существенного расширения количества заповедных территорий, связанных с местами воинской славы.

Следует также выделить еще один аспект, подчеркивающий актуальность настоящего исследования. Задачи эффективного использования городских территорий, при которых обеспечивается привлечение инвестиций в процессы реконструкции и развития городов, взаимосвязаны с вопросами сохранения памятников Великой Отечественной войны. Интересы различных



субъектов градостроительной деятельности не должны возобладать над приоритетами сохранения «духовного каркаса» территории. Поэтому в настоящее время рассматриваемая проблема становится многоаспектной и требует теоретической разработки [1].

Методика исследования основывается на анализе законодательных и нормативных документов различных уровней, научных публикаций, научно-проектных материалов, существующих методических подходов к установлению территорий объектов культурного наследия (ОКН). К конкретным методам относятся натурное обследование, методы визуально-ландшафтного анализа, архивные изыскания, экспериментальное проектирование.

В Российской Федерации законодательно-правовая система как федерального, так и регионального уровня позволяет находить эффективные и комплексные градостроительные решения. В соответствии с Федеральным законом «Об охране объектов культурного наследия (памятники истории и культуры) народов Российской Федерации» № 73-ФЗ от 25.06.2002 объекты культурного наследия подразделяются на следующие виды: памятники, ансамбли и достопримечательные места. Понятие «достопримечательное место» (ДМ) связано с введением в нашей стране нового правового средства сохранения градостроительного и территориального наследия.

На территории России имеется большое число пространственно-территориальных памятников Великой Отечественной войны, которые уже отнесены к достопримечательным местам или ждут изменения статуса своей территории и корректировку режимов ее использования в соответствии с ныне действующим законодательством в сфере охраны объектов культурного наследия. В нашей стране на территории трех полей исторических сражений (или «ратных полей») работают музеи-заповедники. На базе этих музеев-заповедников созданы достопримечательные места «Куликово поле и памятники на нем», «Бородинское поле и памятники на нем», а также ДМ «Поле танкового сражения под Прохоровкой» и «Поле Курской битвы», расположенные в Белгородской области.

Памятники военной истории в разных странах мира являются объектом охраны исторического наследия. В зарубежной практике объекты военной истории сохраняются как часть исторических ландшафтов, причем они выделяются как особый тип объектов культурного наследия (ОКН) — «поля сражений» [2—4]. По своему содержанию и размеру исторические поля сражений могут быть сопоставимы с понятием «достопримечательные места», связанные с военными событиями, которое принято в РФ.

Поля сражений являются объектами историко-мемориального наследия, для охраны которых созданы программы, и работа по их охране организуется специальными фондами [5]. В числе примеров можно назвать принятую в США программу «Американская программа по охране полей сражений» (American Battlefield Protection Program (ABPP)). Мероприятия программы ABPP реализуются, главным образом, в области регулирования землепользования, градостроительного планирования земельных участков и управления, раскрытия культурных ресурсов памятника, а также в областях популяризации наследия и просвещения. В Великобритании существует множество исторических памятников — полей сражений, некоторые из которых имеют правовую защиту через законодательство по охране наследия (так же, как па-

мятники, исторические сады и культурные ландшафты или как заповедники), тогда как другие защищаются с помощью ландшафтного законодательства (например, законы о национальных парках, национальных живописных районах и районах, предназначенных для охраны местных ландшафтов).

Территория современной Волгоградской области и города Волгограда выделяются концентрированностью памятников и памятных мест, относящихся к событиям Великой Отечественной войны, и в первую очередь Сталинградской битвы 1942—1943 гг., ставшей решающим переломом в ходе Великой Отечественной войны и во всей Второй мировой войне. Поэтому государственная охрана, использование, популяризация историко-культурного наследия, относящегося к этой битве, является исключительно важной задачей<sup>1</sup>.

С окончания Сталинградской битвы в феврале 1943 г. исследование ее событий в военной истории, выявление и взятие под охрану материальных свидетельств как самих сражений, так и восстановления разрушенного города Сталинграда представляют собой последовательный процесс. В его ходе был поставлен под охрану целый ряд самых разных памятников истории и культуры — мемориально-исторических, военно-археологических, архитектурно-ландшафтных. В результате развития музейной деятельности по сбору, сохранению и экспонированию остатков и свидетельств этих событий создан Государственный историко-мемориальный музей-заповедник «Сталинградская битва».

Начиная с 1990-х годов массовая застройка городских районов, где происходили жестокие бои, привела к кардинальному изменению облика этих мест, исчезновению большей части материальных свидетельств. В результате продолжающейся застройки исторического центра Сталинграда-Волгограда сокращаются подлинные городские пространства, которые могли бы дать представление хотя бы о местах самых важных, наиболее ожесточенных из происходивших здесь сражений нашим современникам и следующим поколениям. Последним примером «вторжения» на ценные охраняемые зоны исторического центра Сталинграда-Волгограда стал проект изменения границы территории объекта культурного наследия регионального значения «Комплекс застройки проспекта Ленина».

---

<sup>1</sup> Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 14.06.2002 г. № 73-ФЗ.

Федеральный закон «Об увековечении памяти погибших при защите Отечества» от 14.01.1993 г. № 4292-1.

Федеральный закон «Об увековечении Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов» от 19.05.1995 г. № 80-ФЗ.

Федеральный закон от 7 мая 2007 года № 68-ФЗ «О Знамени Победы».

Закон Волгоградской области от 01.07.2009 № 1908-ОД «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Волгоградской области».

Единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации// URL: <http://mkrf.ru/ais-egrkn> (дата обращения 01.11. 2016).

Государственный доклад за 2015 год о состоянии культуры Волгоградской области// URL:<http://culture.volganet.ru/current-activity/analytics/> (дата обращения: 18.09.2016).

По информации Комитета культуры Волгоградской области на 01.01.2016 и данным Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории области находится 12 достопримечательных мест федерального значения и 90 достопримечательных мест регионального значения. Статус особо ценного объекта культурного наследия народов РФ имеет Федеральное государственное бюджетное учреждение культуры «Государственный историко-мемориальный музей-заповедник «„Сталинградская битва“» в Волгограде. Вместе с тем без защиты остаются многие сохранившиеся исторические участки грандиозного сражения в пределах города Волгограда и места сражений в междуречье Волги и Дона.

Наиболее подходящей формой такой защиты, сохраняющей характер значительных территорий, является выявление и взятие под охрану единого достаточно обширного объекта культурного наследия в виде достопримечательного места. В соответствии с Федеральным законом № 73 таким объектом признается территория, на которой выявлены «творения, созданные человеком, или совместные творения человека и природы, в том числе:

1) места традиционного бытования народных художественных промыслов;

2) центры исторических поселений или фрагменты градостроительной планировки и застройки;

3) памятные места, культурные и природные ландшафты, связанные с историей формирования народов и иных этнических общностей на территории Российской Федерации, историческими (в том числе военными) событиями, жизнью выдающихся исторических личностей;

4) объекты археологического наследия;

5) места совершения религиозных обрядов;

6) места захоронений жертв массовых репрессий;

7) религиозно-исторические места».

В настоящее время на территории Волгоградской области расположено 8 достопримечательных мест федерального значения (65 % от общего количества) и 33 регионального значения (30 % от общего количества), связанных с событиями Великой Отечественной войны. Особое значение имеет ФГУК «Государственный историко-мемориальный музей-заповедник «„Сталинградская битва“», который включает 5 ОКН федерального значения (среди них Мамаев курган — место ожесточенных боев 1942 — 1943 гг.) и 2 ОКН регионального значения. Можно прогнозировать, что в ближайшем будущем может быть установлено значительно большее количество ОКН в виде достопримечательных мест, поскольку именно этот вид наследия оказывается наиболее эффективен при сохранении территориальных объектов культуры.

Членами авторского коллектива (А. В. Антифеев, В. Б. Остробородов, А. С. Таран и др.) в 2013—2014 гг. была выполнена научно-проектная работа по разработке проектной документации по отнесению территории музея-заповедника «Сталинградская битва» к объекту культурного наследия федерального значения в виде достопримечательного места. В процессе ее выполнения были разработаны предложения по определению границы территории достопримечательного места, связанного с боевыми действиями советских войск по обороне города Сталинграда и предмет его охраны (рис. 1—3).

Имеется ряд факторов, способствующих сохранению памятников военной истории в виде ДМ. Во-первых, таким фактором является увеличивающееся социально-культурное значение военно-мемориальных объектов Великой Отечественной войны, переосмысление значимости событий этой войны, роли советского народа в победе над фашизмом и сохранения исторической правды о Великой Отечественной войне.



Рис. 1. Карта (схема) композиционного и ландшафтно-визуального анализа территории достопримечательного места «Сталинградская битва» в г. Волгограде

Во-вторых, после 70 лет, прошедших со времени окончания войны, увеличилась необходимость в специальных мероприятиях по обеспечению сохранности памятников военной истории. Прежде всего необходимо установление территории этих объектов, определение границ территории, режимов деятельности.



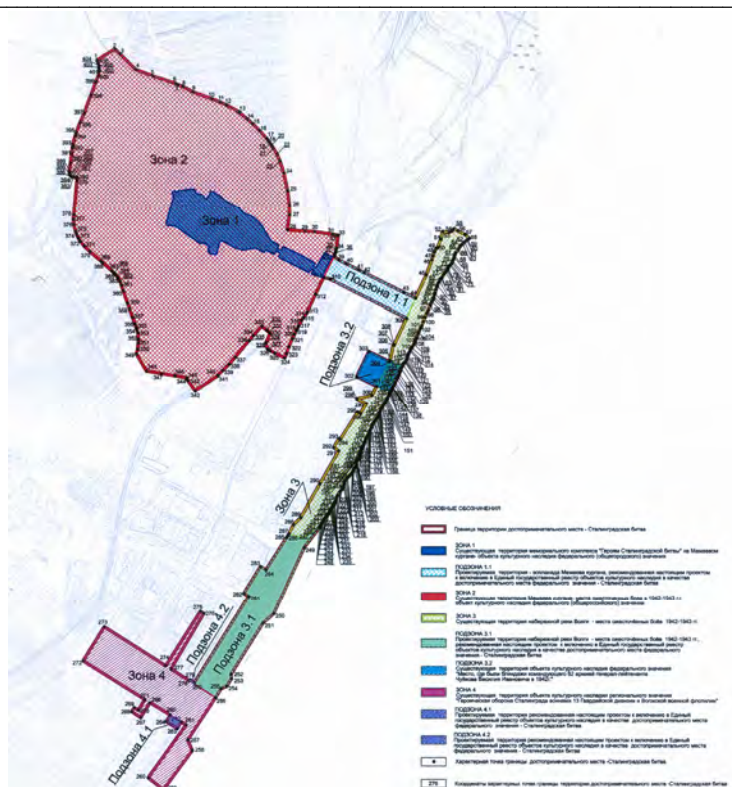


Рис. 2. Карта (схема) границ территории достопримечательного места «Сталинградская битва» в г. Волгограде (проектное предложение)

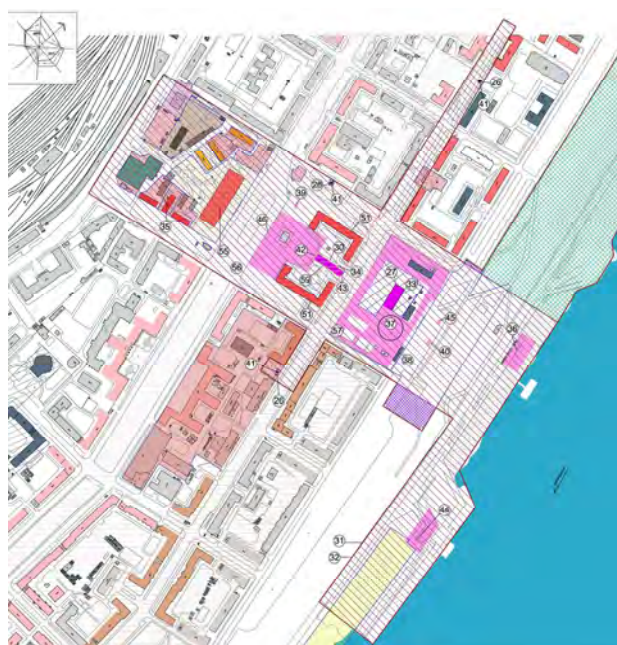


Рис. 3. Фрагмент карты (схемы) проекта предмета охраны достопримечательного места «Сталинградская битва» в г. Волгограде

В-третьих, памятники военной истории разных видов должны быть встроены в современную жизнедеятельность российского общества, становясь одним из главных элементов патриотического воспитания и просвещения. Кроме того, для актуализации использования военно-мемориального наследия его объекты должны стать частью объектов показа туристической инфраструктуры. Памятные места должны рассматриваться не автономно, а формировать каркас системы объектов наследия Великой Отечественной войны, т. к. только в целостности их восприятия можно оценить значимость военных событий, произошедших на тех или иных территориях.

Итак, достопримечательное место в соответствии с действующим законодательством об объектах культурного наследия может представлять наиболее эффективные возможности сохранения памятных мест, связанные с историческими, в том числе военными, событиями [6—8].

В качестве каркасообразующих достопримечательных мест следует определять поля наиболее ожесточенных боев и операций, отмечающих поворотные пункты в истории Великой Отечественной войны. В Волгоградской области, кроме ДМ «Сталинградская битва» (Мамаев курган), это могут быть ДМ «Памятное место, где произошло соединение Юго-Западного и Сталинградского фронтов» близ города воинской славы Калача-на-Дону, потенциальное достопримечательное место «Лысая гора», предлагаемое ДМ «Сталинградское кольцо».

Кроме достопримечательных мест, которые являются увековечиванием победных сражений в великой Отечественной войне, необходимо формирование памятных мест, связанных с трагическими событиями и преступлениями фашизма. К таким потенциальным ДМ в Волгоградской области может относиться военно-мемориальный комплекс (военно-мемориальное кладбище) «Россошки», расположенный в 60 км от Волгограда в Городищенском муниципальном районе и не имеющий до настоящего времени статуса. Назван он по названиям двух уже не существующих сел Малые Россошки и Большие Россошки, которые находились до Второй мировой войны на месте этого кладбища. До сих пор военно-исторический ландшафт сохранил следы окопов, останки блиндажей, воронки от взрывов.

Первые захоронения были проведены в 1993 г. В 1997 г по инициативе Городищенского районного Совета ветеранов войны и труда в районе села Россошка был возведен военно-мемориальный комплекс советским солдатам, погибшим под Сталинградом. Позднее напротив мемориала было открыто немецкое воинское кладбище. Всего тут захоронено больше 17 тысяч советских бойцов, и ежегодно поисковики увеличивают эту цифру. На немецкой стороне покоятся свыше 58 тысяч солдат, воевавших под Сталинградом и в соседних регионах. Имена 120 тысяч погибших немцев, пропавших без вести и тех, место гибели которых установить невозможно, нанесены на именные плиты из природного камня. Примерно в 500 м от мемориала, на обычном сельском кладбище села Россошка, есть памятный знак, установленный на месте концентрационного лагеря советских военнопленных.

В целом на современной территории Волгоградской области в период оккупации находилось 47 лагерей советских военнопленных и мирного населения. Памятными знаками отмечено местонахождение лишь трех лагерей: в х. Вертячем, в поселке им. М. Горького (Дулаг-205), в п. Гослесопитомник.

На месте нахождения лагеря Дулаг-205 установлен памятник с надписью: «Никто не забыт. Ничто не забыто. Здесь в сентябре 1942 г. — январе 1943 г. находился концлагерь № 205, в котором немецко-фашистскими захватчиками замучено 4500 советских граждан»<sup>2</sup>. Достопримечательными местами регионального значения предлагаются:

«Место, где находился лагерь военнопленных в период Сталинградской битвы» в х. Вертячем Городищенского района (памятник военной истории регионального значения);

территория концлагеря Дулаг-205 близ п. Горьковский в г. Волгограде (не имеет статуса).

Еще одним типом ДМ могут стать места, связанные с деятельностью видных полководцев и государственных деятелей. Например, таким потенциальным достопримечательным местом, объединяющим ОКН, связанные с жизнью военачальников, участвовавших в Сталинградской битве, на территории Волгограда могло бы стать «Достопримечательное место, связанное с деятельностью командующего 64-й армией генерала М.С.Шумилова», в которое могут войти памятник федерального значения «Памятное место, где в январе-феврале 1943 г. находилась штаб-квартира командующего 64-й армией генерала М. С. Шумилова» и ДМ регионального значения «Место, где в период Сталинградской обороны части 64-й армии генерала Шумилова вели ожесточенные бои с немецко-фашистскими оккупантами». Также необходимо выявление территориальных ДМ, связанных с деятельностью С. К. Тимошенко, А. М. Василевского, К. К. Рокоссовского, А. И. Еременко, А. И. Родимцева, В. И. Чуйкова и других выдающихся советских полководцев.

Анализ установленных и потенциальных достопримечательных мест, связанных с событиями Великой Отечественной войны, позволил установить ряд особенностей этих объектов:

1. Достопримечательные места отличаются большим разнообразием своей территориально-пространственной организации. Это могут быть как небольшие компактные локальные территории (например, ДМ федерального значения «Место, где были блиндажи командующего 62 армией генерал-лейтенанта Чуйкова Василия Ивановича в 1942 г.»), так и крупные пространственные линейно-протяженные объекты.

Возможны, на наш взгляд, и такие формы градостроительной организации ДМ, когда части его могут располагаться на несмежных территориях. В этом случае одно достопримечательное место включает в себя несколько территорий, пространственно разобщенных (предложенное «Достопримечательное место, связанное с деятельностью командующего 64-й армией генерала М. С. Шумилова»).

2. Достопримечательные места военной истории в зависимости от их градостроительного размещения могут быть двух типов, требующих разработки специальных подходов к их формированию. В первом случае ДМ располагаются в условиях плотной городской застройки (ДМ федерального значения «Сталинградская битва» или ДМ регионального значения «Место, где сражались и погибли в окружении воины 1-го батальона 42-го гвардейского стрелкового полка 13-й Гвардейской стрелковой дивизии под командованием

<sup>2</sup> Памятник был открыт 4 ноября 1968 г., скульптор В. Н. Безруков, архитектор Ф. М. Лысов.

ст. лейтенанта Федосеева Ф. Г.»). Во втором случае ДМ располагаются на межселенных территориях сельских поселений (ДМ федерального значения «Памятное место, где произошло соединение Юго-Западного и Сталинградского фронтов» в Калачевском районе).

3. Следующей особенностью достопримечательных мест военной истории является разнообразие компонентов, формирующих их историко-мемориальную среду.

Во-первых, это военно-исторический ландшафт или сохранившиеся его фрагменты с характерными особенностями, отразившими ход боев.

Во-вторых, сохранившиеся военные объекты (бункеры и т. п.).

В-третьих, если ДМ размещается в условиях города, то в его состав входят здания и сооружения — непосредственные места боев, сыгравшие роль опорных пунктов в боях в городских условиях. Специфика боев в жилой застройке города Сталинграда заключалась в захвате узлов обороны — зданий или группы зданий с мощными стенами и подвалами, способными выдержать прямые попадания бомб и снарядов. Такой узел обороны служил укрытием для гарнизона, организации штурмовой группы для атаки на противника. Сплошная линия фронта отсутствовала, часто здания и сооружения служили нейтральной полосой. К таким объектам относятся «Дом Павлова, который с 25 сентября по 24 ноября 1942 г. обороняли бойцы 13-й Гвардейской дивизии во главе с сержантом Я. Ф. Павловым», корпуса гарнизонного лазарета — места ожесточенных боев воинов 13-й Гвардейской стрелковой дивизии; опорная стена соляной пристани с надписью «Здесь стояли насмерть гвардейцы, выстояв, мы победили смерть» — место ожесточенных боев 13-й Гвардейской стрелковой дивизии 62-й Армии под командованием А. И. Родимцева.

В-четвертых, к компонентам, складывающим среду ДМ, следует отнести сохранившиеся материальные объекты — свидетели военных событий. К ним можно отнести отдельные здания и сооружения, элементы сохранившейся градостроительной структуры, конфигурацию и соотношение застроенных и открытых пространств и др.

В-пятых, это мемориальные объекты, возникшие либо сразу, либо значительно позже военных событий и увековечивающие их.

4. Наиболее сложным для целей градостроительного планирования и установления границ территории представляется такой вид ДМ, как поля сражений. В отличие от достаточно просто и четко локализуемых военных событий (место соединения фронтов, место командного штаба, место пленения полководцев противника и т. п.), выделение территории поля сражения требует исследования его специфических структурообразующих элементов, к которым относятся тактические свойства местности. Совокупность этих свойств отражает военно-оборонительный потенциал местности и делает возможным ее эффективное использование в военных целях.

Превращаясь в позицию для расположения войск, основные элементы местности получали новое функциональное назначение. Отрицательные формы рельефа — овраги, долины рек, лощины — становились естественными препятствиями или укрытиями, высоты — опорными пунктами или артиллерийскими позициями, поля — пространством для размещения войск и маневра, леса — преградами и прикрытиями резервов. Капитальные здания и сооружения, строения использовались как центры оборонительной позиции. Высотные доминанты (колокольни церквей, башни) превращались в страте-



гические пункты. В результате поле сражения представляет собой военно-исторический ландшафт, основанием для выделения которого является его особое новое функциональное назначение при подготовке и в ходе сражения. Его границы определяются протяженностью по фронту оборонительной позиции и глубиной расположения войск обеих сторон, включая резервы и центры управления подразделениями противников.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев Ю. В., Сомов Г. Ю., Шевченко Э. А. Градостроительное планирование достопримечательных мест. Т. 1, 2. М.: ACB, 2012.
2. Criteria and grading. English Heritage. URL: <https://historicengland.org.uk/listing/what-is-designation/registered-battlefields/>
3. NRHP Bulletin 40: Guidelines for Identifying, Evaluating, and Registering America's Historic Battlefield (Section VII — Assessing Integrity). URL: [http://www.nps.gov/history/nr/publications/bulletins/nrb40/nrb40\\_5.htm](http://www.nps.gov/history/nr/publications/bulletins/nrb40/nrb40_5.htm)
4. Battlefield Survey Manual: American Battlefield Protection Program / National Park Service, Washington, DC, 2016. 68 p.
5. American Battlefield Protection Program. URL: <http://www.nps.gov/hps/abpp/American%20Battlefield%20Protection%20Program%20Authorization%20as%20of%202009.pdf>
6. Антюфеев А. В., Остробородов В. Б., Таран А. С. Перспективы развития территории мемориального комплекса на Мамаевом кургане в Волгограде // Великая Отечественная война в 1941—1945 в судьбах народов и регионов / отв. ред. А. Ш. Кабирова. Казань: Институт истории им. Ш. Марджани, АН РТ, 2015. С. 500—508.
7. Антюфеев А. В., Антюфеева О. А., Птичникова Г. А. Градостроительные основы определения границ объектов военной истории (достопримечательное место «Сталинградская битва») // Труды международной конф. «ПромИнжиниринг-2016». Челябинск, 2016. С. 558—562.
8. Антюфеев А. В., Остробородов В. Б., Птичникова Г. А. Памятники военной истории в пространстве современного города: «дух места» как предмет охраны // Социология города. 2016. № 3. С. 5—15.
9. Птичникова Г. А., Антюфеева О. А. Спрятавшиеся памятники (о малоизвестных объектах культурного наследия послевоенного Сталинграда) // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. Политическая сер. 2009. Вып. 2 (9). Ст. 1. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=36>

© Антюфеев А. В., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Антюфеев А. В. Градостроительное формирование достопримечательных мест Великой Отечественной войны (на примере памятников Сталинградской битвы) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 396—406.

Об авторе:

**Антюфеев Алексей Владимирович** — канд. арх., профессор, зав. кафедрой урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [antyufeev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeev_a@mail.ru)

**A. V. Antyufeev**

#### URBAN PLANNING OF THE GREAT PATRIOTIC WAR SITES (MONUMENTS OF THE BATTLE OF STALINGRAD)

The article presents the proposals for the urban planning of cultural heritage sites associated with the events of the Great Patriotic War in general, and by the example of the Battle of Stalingrad memorial in particular. The objects of the study are the sites of federal and regional significance, by

the type they are related to the monuments of the Great Patriotic War, the established and prospective ones ("The Battle of Stalingrad", "Bald Mountain", "Stalingrad Ring"). The main results are the following: the determination of the peculiar features of spatial organization of the sites connected with the events of the Great Patriotic War and proposals for a typology of cultural heritage sites of military history.

**Key words:** cultural heritage sites, monuments of military history, the Battle of Stalingrad, the architectural memorial ensemble.

#### REFERENCES

1. Alekseev Yu. V., Somov G. Yu., Shevchenko E. A. *Gradostroitel'noe planirovanie dostoprimechatel'nykh mest. T. 1, 2* [Urban planning of sights. V. 1, 2]. Moscow, ASV Publ., 2012.
2. *Criteria and grading. English Heritage*. URL: <https://historicengland.org.uk/listing/what-is-designation/registered-battlefields/>
3. *NRHP Bulletin 40: Guidelines for Identifying, Evaluating, and Registering America's Historic Battlefield (Section VII — Assessing Integrity)*. URL: [http://www.nps.gov/history/nr/publications/bulletins/nrb40/nrb40\\_5.htm](http://www.nps.gov/history/nr/publications/bulletins/nrb40/nrb40_5.htm)
4. *Battlefield Survey Manual: American Battlefield Protection Program. National Park Service*, Washington, DC, 2016. 68 p.
5. *American Battlefield Protection Program*. URL: <http://www.nps.gov/hps/abpp/American%20Battlefield%20Protection%20Program%20Authorization%20as%20of%202009.pdf>
6. Antyufeev A. V., Ostroborodov V. B., Taran A. S. [The prospects of development of the territory of the memorial complex on Mamayev Kurgan in Volgograd]. *Velikaya Otechestvennaya voyna v 1941—1945 v sud'bakh narodov i regionov* [The Great Patriotic War in 1941—1945 in destinies of nations and regions]. Kazan, Institute of History named after Sh. Mardzhani, the Tatarstan Academy of Sciences, 2015. Pp. 500—508.
7. Antyufeev A. V., Antyufeeva O. A., Ptichnikova G. A. [Urban planning principles of definition of the borders of the objects of military history (cultural heritage site "The Battle of Stalingrad")]. *Trudy mezhdunarodnoi konf. «PromInzheniring-2016»* [Proc. of the Int. Conf. "PromEngineering"]. Chelyabinsk, 2016, pp. 558—562.
8. Antyufeev A. V., Ostroborodov V. B., Ptichnikova G. A. [Military monuments and memorials in the space of a modern city: genius loci as subject matter of protection]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2016, no. 3, pp. 5—15.
9. Ptichnikova G. A., Antyufeeva O. A. [The hidden monuments (about little-known objects of a cultural heritage of the post-war Stalingrad)]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2009, no. 2 (9), paper. 1. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=36>

#### For citation:

Antyufeev A. V. [Urban planning of the Great Patriotic war sites (monuments of the battle of Stalingrad)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 396—406.

#### About author:

**Antyufeev Aleksei Vladimirovich** — Candidate of Architecture, Professor, Head of the Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [antyufeev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeev_a@mail.ru)

УДК 711.4:712.253(477.62-25)

**А. В. Антюфеев, И. М. Клименко**

*Волгоградский государственный технический университет*

**ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ  
В ОРГАНИЗАЦИИ КРАТКОВРЕМЕННОГО ОТДЫХА НАСЕЛЕНИЯ  
В СТРУКТУРЕ ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ГОРОДА ДОНЕЦКА**

Рассмотрены проблемы, непосредственно связанные с нынешним состоянием рекреационных зон города Донецка, формированием городской среды как таковой сегодня. По итогу выявлены основные места в структуре ландшафтно-рекреационных зон на полотне города, пригодные для проектирования мест отдыха населения, а также изучены и обозначены региональные особенности Донбасского края, влияющие на проектирование.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** рекреация, ландшафтно-рекреационная зона города, кратковременный отдых, городская среда.

Учитывая современную напряженную ситуацию на территории Донецка и региона, по-прежнему остается важным поддержание комфортной и благоприятной среды в городе для его жителей. Отдых для населения, организованные рекреационные зоны, парки, скверы, бульвары — одни из немногих «отдушин», которые просто необходимы для восстановления и поддержания здоровья человека — как физиологического, так и психологического.

Территория города располагает благоприятным природным потенциалом, имеет много озелененных участков, земель и угодий, которые могли бы стать местами, где человек, общаясь с природой, набирается сил, отдыхает и заряжается позитивными мыслями, так необходимыми сегодня, сохраняет и преумножает культурные и региональные ценности. Однако важно заметить, что многие из этих земель нуждаются в уходе, возобновлении и реконструкции.

Конституцией любой страны, в том числе и Украины и образовавшейся Донецкой Народной Республики, каждому гражданину гарантировано право на благоприятную для жизни и здоровья окружающую среду. На современном этапе общественного развития одним из эффективных средств реализации данного конституционного права граждан является благоустройство территорий города, достаточный уровень его озеленения и наличие организованных мест для кратковременного отдыха на природе. Благоустройство городов является одним из наиболее значимых видов градостроительной деятельности, а проблема изучения и сохранения природных ландшафтов, гармонизации, взаимосвязи и взаимовлияния естественной и искусственной среды жизнедеятельности все более привлекает внимание передовой медицины, экологии и архитектурной науки. Данная тенденция направлена на преодоление отрицательных последствий урбанизации, связанных с ней техногенных воздействий, а также пагубного влияния человека на окружающую среду, сохранение природных ресурсов на городской территории [1].

Донецк до недавних событий был одним из крупнейших промышленных городов Украины. Исторически так сложилось, что здесь сформировались значительные промышленные, жилые и застроенные территории. Город в буквальном смысле слова разрастался вокруг промышленных предприятий —

бурно и интенсивно. Длительная нарастающая урбанизация, отсутствие организации пространства и планирования, потеря региональной идентичности, возрастающие нагрузки на пространство — все эти негативные факторы приводят к нарушению баланса между искусственными и естественными компонентами среды, потере единства и гармонии сочетания архитектурного облика города и его природного ландшафта, отсутствию единого архитектурного стиля. Перегруженность транспортных магистралей, увеличение выбросов промышленных предприятий в течение долгого времени и до сих пор негативно влияют на здоровье жителей города. Сегодня значительно увеличилось количество стрессовых ситуаций — все эти факторы сказываются на здоровье населения. Одним из наиболее эффективных средств гуманизации архитектурной среды и лечения населения современных городов видится использование ландшафтно-рекреационных факторов — лечебных и восстановительных свойств природных и культурных ресурсов. В то же время ограниченные экономические возможности, критическое заполнение городского пространства застройкой, техникой и ее атрибутами делают проектирование садов и парков традиционного типа все более затруднительным, а «ортодоксальные модели» благоустройства, построенные на нормативных подходах к озеленению территории, не способствуют созданию комфортной, художественно выразительной и устойчивой среды. В наше время наряду с обостряющимися эколого-пространственными проблемами созрели научные и технологические предпосылки для развития соответствующих подходов к их решению. Как альтернатива антропоцентрическому получает развитие эоцентрический подход к формированию пространства. Термин «ландшафт» все чаще рассматривается с позиции единства с архитектурной средой, и даже более того, в качестве «модели для формирования городской среды» [2].

Проблема увеличения рекреационных зон, предназначенных для отдыха, обеспечения социальных и духовных запросов населения особенно актуальна для Донецка, где отсутствуют крупные природные ландшафты (леса, горы, большие водоемы) и наибольшая по стране плотность застройки территории промышленными объектами с соответствующими санитарно-защитными зонами. Ситуация обостряется появлением на территории организованных ранее парков, скверов, озелененных курдонеров различных объектов частной собственности, не связанных с отдыхом человека. Наблюдается запущенное состояние ряда городских рекреационных территорий, их нехватка, отсутствие единой системы городских рекреационных территорий, их концептуального развития. Не прослеживается перспектива оптимального распределения природных компонентов, предназначенных для отдыха населения, в системе преобразованных городских территорий.

Отдых в системе рекреационных территорий города — это не просто свободное времяпрепровождение, а самый эффективный отдых, обеспечивающийся при изменении рода деятельности, а также при смене привычной среды. Существующая ситуация показывает крайне ограниченное количество объектов, направленных на удовлетворение рекреационных потребностей различных социальных групп населения. Имеет место явление стихийной рекреации, которое зачастую приводит к деградации природной среды. Поэтому исследование данной темы, ее развитие и поиски путей решения данных проблем являются крайне актуальными и необходимыми — это позволит

обеспечить население Донецкого региона возможностью организованного и насыщенного кратковременного отдыха, позволит улучшить экологическую ситуацию и сохранить региональную самобытность.

Ландшафтно-рекреационная зона города является важным системообразующим элементом в градостроительной структуре современного города и предназначена для организации массового отдыха населения и обеспечения благоприятной экологической среды обитания. Данная зона включает территории парков, скверов, садов, городских лесов, лесопарков, бульваров, пляжей [3].

Организация кратковременной рекреации в структуре ландшафтно-рекреационных зон города тесно связана с формированием природного каркаса генерального плана города, нацеленного на оздоровление окружающей среды и эффективное ресурсосбережение [4]. Зеленая зона города должна представлять собой наиболее ценные и наименее измененные ландшафты, оказывающие на город благоприятное воздействие. Озелененные пространства имеют конфигурацию в зависимости от конкретных природных условий в виде полос и поясов, крупных лесных и лесопарковых массивов, зеленых насаждений по берегам озер, рек, примыкающих к городу заселенных холмов и горных массивов, зеленых островов [5].

Путем формирования оптимальной непрерывной дифференцированной системы зеленых насаждений, берущих начало в пригородных лесах и проникающих вглубь городской застройки, можно улучшить условия жизни в крупных промышленных городах и влиять на показатели окружающей среды [6]. Кроме того, когда речь идет о рекреации, возникает устойчивое понимание того, что под этим словом подразумевается факт наличия зелени на определенной территории либо конкретный озелененный ландшафтный объект с функциональной направленностью на отдых, прогулку и развлечения. Таким образом, термины «зелень» и «рекреация» отождествляются. В градостроительстве «рекреации» — это обязательный элемент городской среды и планировочной структуры города, состоящий из объектов системы озеленения с созданными, естественно или искусственно, эстетическими природными качествами, функционирование которого направлено на реабилитацию, стабилизацию городского ландшафта, на восстановление биологических качеств территории при сохранении характерных для рекреации видов деятельности и процессов [7].

В Донецке с целью улучшения экологической ситуации проводятся мероприятия по озеленению: реконструируются старые парки и скверы, появляются современные парки, производится удаление аварийных деревьев и посадка новых, озеленяются придомовые и внутриквартальные территории. Структуры города максимально стараются обеспечить уход и поддержание зеленых ресурсов. Но несмотря на все меры, организация рекреационных и озелененных зон города все еще имеет ряд недостатков:

1. Одной из проблем в городе является отсутствие инвентаризации зеленых насаждений, что способствует бесконтрольному сносу деревьев. Последняя инвентаризация зеленых насаждений в городе проводилась в 1999 г., поэтому реальная картина о состоянии зеленого фонда города отсутствует. С 2010 г. бюджет города начал впервые после долгой паузы выделять средства на инвентаризацию, но в таком объеме, что инвентаризация затянулась на несколько лет, и конечный результат до настоящего времени не получен.

2. Сокращение на протяжении последних десятилетий рекреационных зон в городе и уменьшение показателя озеленения, приходящегося на одного жителя города.

По данным отчета о зеленых насаждениях Главного управления благоустройства и коммунального обслуживания показатель общей площади зеленых насаждений в г. Донецке составляет 13245,1 га, из которых:

насаждения общего пользования (городские парки, сады жилых районов, скверы, бульвары, набережные) — 2078 га;

насаждения ограниченного пользования (прилегающие к школам, детским учреждениям, общественным зданиям, спортивным предприятиям, промышленным предприятиям) 7670,7 га;

насаждения специального назначения (на улицах, кладбищах, в санитарных зонах, в питомниках, на территории ботанического сада) — 3496,4 га [8].

Однако согласно данным Генерального плана города Донецка на период до 2031 г. площадь зеленых насаждений общего пользования должна сократиться до 1175 га. Дефицит насаждений составляет 42,8 % — 903 га. При этом на одного жителя города приходится около 12 м<sup>2</sup> озелененных территорий, что не соответствует нормам «ДБН 360-92\*\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», где показатель нормы составляет 14,4 м<sup>2</sup> на человека. Из-за отсутствия современных данных о состоянии озеленения города можно предположить, что показатели площади озеленения города существенно завышены, потому что в последнее время проводились большие вырубki массивов зеленых насаждений под строительство обьездной дороги, супермаркетов, которые не нашли отражения в статистических отчетах. В городе отсутствуют данные о плотности расположения зеленых насаждений. Согласно Правилам, достаточной является посадка 90...100 деревьев на 1 га площади общего пользования [9].

По показателям озеленения территорий различного назначения, Донецк значительно отстает от установленного норматива в 60 % от общей площади города, так как в городе площадью 570,7 км<sup>2</sup> озелененные территории занимают площадь 13 245,1 га, что составляет 23,2 %. Из этого можно сделать вывод, что город имеет недостаточное количество не только парков, скверов и других мест отдыха общего пользования, но и в целом озелененных массивов различного назначения — санитарно-защитных зон, полос вдоль автодорог, лесопосадок и пр., призванных обеспечить благоприятную градостроительную и экологическую ситуацию. В связи с проведением чемпионата ЕВРО-2012 городские власти приложили много усилий, чтобы вернуть городу его былое величие и преобразить его, выделяли достаточно средств на озеленение, увеличивалось количество посадок газонов и цветников, высажено большое число роз — городу вернули звание «города миллиона роз» — именно такое название присвоила ему ЮНЕСКО в 1970 г. И в том же году Донецк признали лучшим промышленным городом мира. Ко времени проведения чемпионата городу постарались вернуть его статус и поддерживают сегодня, независимо от событий. Однако все же это касается в большей степени центральной части города, и, к сожалению, существует еще много территорий, также нуждающихся в поддержании и реконструкции, в основном на периферии и в некоторых районах города. В городе наблюдается неравномерное озеленение территорий районов. Более озелененными и ухоженными

являются центральные районы города. Лучший показатель озеленения в расчете на одного жителя в Ворошиловском районе, где удельный вес имеющейся озелененной площади превышает удельный вес населения в районе на 6,24 %, в Ленинском — на 5,95 %, в Киевском — на 5,1 %. Противоположные показатели наблюдаются в отдаленных районах — Кировском районе, в Буденновском и Пролетарском.

Также непропорционально распределяется и финансирование. Наименьшим районом площадью 9,8 км<sup>2</sup> (2 % всей площади города) является Ворошиловский район, затем Калининский (25,9 км<sup>2</sup>, или 4 % площади города) и Киевский (37,87 км<sup>2</sup>, или 7 %). Но именно на эти районы приходится наибольший удельный вес финансирования на озеленение — 37, 13 и 19 соответственно, несмотря на то, что в отдаленных от центра районах расположено немало стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха и там крайне необходимо улучшение качества среды<sup>1</sup>.

Существующие зеленые зоны должны использоваться для организации сети учреждений легкодоступного массового отдыха без капитального строительства, создания условий свободного пребывания, прогулок, рекреационных занятий в благоприятном естественном окружении при соблюдении отдельных ограничений, вызванных требованиями охраны природы (табл. 1). Данные ограничения вызваны возможными последствиями трансформации природных ландшафтов в рекреационные [10].

*Типы рекреационных ландшафтов*

| Тип ландшафта                                                         | Характерные факторы ландшафта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Нерегулируемые, плохо организованные рекреационные ландшафты</i>   | Сильная засоренность; наличие 4—5 стадий рекреационной дигрессии растительности, сопровождающейся усыханием древесной растительности; сильное повреждение почвенного покрова; эрозированность склонов; загрязнение водоемов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <i>Благоустроенные, хорошо организованные рекреационные ландшафты</i> | Хорошо спланированная дорожно-тропиночная сеть; наличие рекреационных объектов (пляж, сады, скверы и др.); не разрушающие природу и не загрязняющие окружающую среду коммунально-бытовые сточные воды и вспомогательные обслуживающие подсистемы. Такие культурные ландшафты отличаются повышением биологического разнообразия, благоприятными условиями для жизни, отдыха, а также их особенностью являются высокие эстетические достоинства. Природный ландшафт здесь хорошо сочетается с инженерными сооружениями рекреационного назначения |

На основании табл. 1 организация системы кратковременной рекреации предполагает перевод части нерегулируемых, стихийно возникших рекреаци-

<sup>1</sup> Главное управление статистики в Донецкой области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://donetskstat.gov.ua/index.php>

онных ландшафтов в раздел благоустроенных с четкой организацией рекреационных процессов. Организация системы кратковременной рекреации на основе существующего зеленого каркаса города отвечает современным тенденциям в градостроительстве, где ландшафт все чаще рассматривается как «модель для формирования городской среды», а обострение экологических проблем мирового масштаба приводит к вынужденному поиску новых моделей градообразований, основанных на интеграции архитектуры и природного окружения [11]. В связи с процессом неконтролируемой урбанизации и образованием все более крупных агломераций центральным вопросом европейского градостроительства стало развитие и трансформация периферии наиболее удаленных районов города. Согласно Иву Шалас (Yves Chalas), основателю теории «современного города» (*ville contemporaine*) во Франции, «изучение периферийных районов демонстрирует, что именно здесь находится будущее городов» [11].

Экосистема в городе находится в неблагоприятных условиях, поэтому город следует рассматривать только вместе с окружающим его регионом, для которого разрабатываются мероприятия, обеспечивающие создание оптимальных условий воспроизводства атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвенного покрова, растительности и животного мира. Что касается периферийной зоны Донбасса, то из-за высоко урбанизированного характера региона (50 городов, 90 % городского населения) здесь наблюдается острая нехватка природных территорий, предназначенных для рекреационного использования: 73 % территории области занимают сельскохозяйственные угодья, значительные площади занимают транспортные магистрали, свалки. Донецкая область не богата лесами. Показатель лесистости — 7,5 %. Леса области отнесены к первой группе, т. е. выполняют исключительно природоохранные и рекреационные функции. Поэтому основная рекреационная нагрузка приходится на две зоны, которые пригодны для отдыха и восстановления здоровья, находящиеся вне городов: Приазовскую и Придонцовскую. Приазовская зона находится на юге области, массово используется рекреантами (отдыхающими) в летний период и часто бывает недоступной по эпидемиологическим причинам. Большая нагрузка приходится также на Придонцовскую рекреационную зону, расположенную на севере региона, вдоль реки Северский Донец, на 96 % покрытую лесом и используемую для рекреации круглый год. Кроме того, на территории области организованы пять региональных ландшафтных парков и Национальный природный парк «Святые горы» (в Придонцовской зоне), на территориях которых рекреация существует в организованном виде. Однако данные рекреационные зоны находятся за пределами 1,5-часовой доступности и многие из них, учитывая последние события, стали недоступными для жителей города.

В пределах города возможности кратковременной рекреации распределены крайне неравномерно. В связи с реконструкцией парковых комплексов наблюдается увеличение численности и плотности рекреантов в центральной части города, в свою очередь, объекты кратковременной рекреации, расположенные на периферии города, ввиду их низкой аттрактивности пребывают в запустении. Отсутствие характерной образности приводит к преобладанию «рыхлых» пространств в периферийных частях города, в которых компоненты застройки часто не могут «возместить» по своим эстетическим качествам



утраченное своеобразие природной среды. Не случайно, что жители периферийных районов города в качестве наиболее привлекательного места в своем районе в основном называют элементы негородского характера — зеленые массивы [12].

В связи с этим в качестве полигона для выбора потенциальных территорий для организации кратковременного отдыха населения была выбрана периферийная зона города. Для выбора местоположения кратковременной рекреации в структуре ландшафтно-рекреационных зон Донецка уместно также рассмотреть все места отдыха, возникшие стихийно и пользующиеся популярностью населения города. Важнейшими критериями при выборе участков кратковременной рекреации являются характер ландшафта и наличие водоема, удобная транспортная доступность. Транспортная инфраструктура, с которой практически начинается рекреационное освоение территории, имеет особое значение. Транспортная доступность рекреации увеличивает степень целостности системы «город — рекреация».

Был проведен опрос жителей города о параметрах места отдыха, и анкетные данные показали, что на выбор того или иного места отдыха в первую очередь оказывают влияние природные условия: наличие водоема и леса (54 % случаев), красивых живописных мест (40 %), тишина, покой, уединенность (20 %), удобная транспортная связь с домом (18 %), возможность заниматься своим любимым делом — играми, рыбной ловлей и т. п. (14 %), близость места отдыха к дому (12 %). В меньшей степени он зависит от таких моментов, как материальное положение, возможность удовлетворить свои познавательные интересы, развитие культурно-бытовой сети. Рис. 1 показывает выявленные потенциальные места, пригодные для организации на них места для кратковременного отдыха.

После того как мы выявили потенциальные природные ландшафты на территории города, хотелось бы уделить внимание его региональным особенностям, способным оказать существенное влияние на проектирование мест отдыха, его самобытному образу и кратко охарактеризовать колорит местности.

Донбасс обладает ярко выраженной самобытностью не только с позиции развития промышленности и экономики, но и в социокультурном отношении. Город обладает своеобразными силуэтами и панорамами, включающими характерные для региона терриконы (рис. 2) и шахтные копры, это создает особые образы и ансамбли. Но актуальная проблема для Донбасса — это поиск регионального своеобразия в архитектуре. Одним из средств для решения данной проблемы может выступать организация объектов кратковременного отдыха в структуре ландшафтно-рекреационных зон города, отражающих социокультурные особенности региона.

При проектировании кратковременного отдыха в ландшафтно-рекреационной зоне города можно наметить следующие пути выражения региональной самобытности:

1. Актуализация неповторимости местных ландшафтов, сформировавшихся под влиянием ведущих отраслей промышленности, учет силуэта и панорамы города. Региональный пейзаж был и остается способом пространственного выражения характера, духовных и нравственных качеств населения края, его опыта, исторической судьбы и трагедии. Промышленная специализация региона, угольная и металлургическая промышленность стали решаю-

щими факторами в формировании современных ландшафтов региона. Данные элементы являются ценностями больше не исторического, а семантического характера. Они несут в себе символическую информацию о данном городе, а также обладают функцией, понятной, легко распознаваемой разными поколениями жителей и гостей города.



Рис. 1. Карта-схема выявления потенциальных территорий для организации кратковременного отдыха в структуре ландшафтно-рекреационных зон города Донецка



Рис. 2. Силуэт города Донецка. Вид на терриконы

2. Использование атрибутов, образов и формообразующих элементов, отражающих ведущую градообразующую роль и социокультурное значение угольной промышленности для региона (рис. 3).



Рис. 3. Пример использования силуэта шахты для оформления арок в парке кованых фигур города Донецка

3. Использование историко-культурных особенностей и традиционных мотивов в организации архитектурно-ландшафтных пространств.

4. Использование региональной символики (рис. 4).

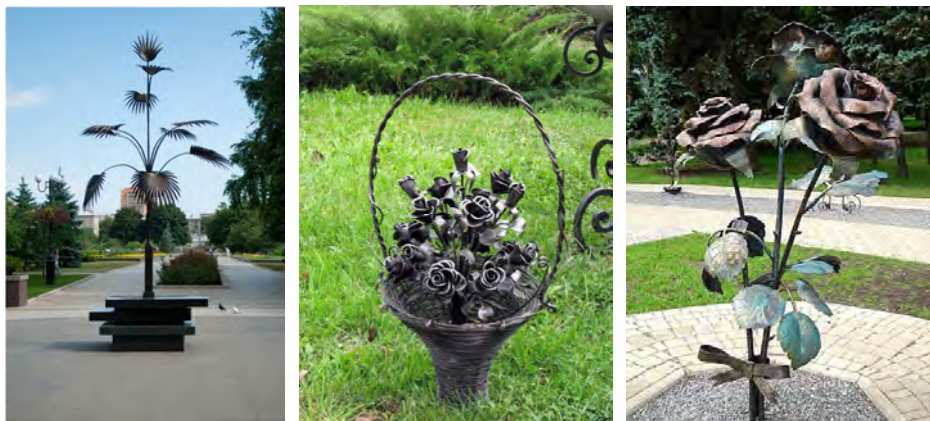


Рис. 4. Примеры использования символа города — пальмы им. А. И. Мерцалова и символа «города миллиона роз» — кованые розы в парке кованых фигур

5. Обращение к региональной колористике. Региональными цветами принято считать оранжевый и черный.

6. Применение традиционных и местных материалов (уголь, торфяники).

Синтез архитектуры и ландшафта в структуре кратковременного отдыха может стать одним из путей регионального своеобразия в архитектуре и градостроительстве. Проектирование рекреационных объектов является одним из важнейших путей передачи региональной идентичности, неповторимости местных ландшафтов, воссоздания устойчивых признаков и «духа места» [13]. Учитывая и принимая особенности Донбасского региона (Донецко-Макеевской агломерации) в проектировании парков и мест отдыха, можно создать неповторимую и полноценную среду, которая сможет выполнить ряд функций: и оздоровительную, и культурно-просветительскую, и функцию поддержания и преумножения исторического наследия и потенциала города.

**Вывод.** На основании анализа существующих зеленых насаждений и рекреационных зон города Донецка был выявлен дефицит вышеуказанных элементов и неравномерный характер их распределения на территории города. Рассмотрена возможность организации общегородской системы кратковременного отдыха на основе существующего зеленого каркаса, выявлены потенциальные участки. Определены пути выражения региональной самобытности при организации кратковременного отдыха в структуре архитектурно-ландшафтных зон города.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Corner James.* Terra Fluxus // The Landscape Urbanism Reader. N.-Y.: Princeton Architectural Press, 2006. Pp. 022—033.
2. *Brown L. R.* World without Borders. N.-Y., 1972.
3. *Moughtin C., Shirley P.* Urban design: green dimensions. Burlington, 2005. 266 p.
4. *Хаѝм В.* Архитектор и устойчивое развитие // Промышленное и гражданское строительство. 1997. № 3. С. 52—53.
5. *Santamouris M.* Environmental design of urban buildings. London, NW1 0JH, UK. 2006. Pp. 251—254.
6. *Berardi U.* Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings // Sustainable Development. 2011. Vol. 20. Iss. 6. Pp. 415—434.
7. *Тукманова З. Г.* Рекреационная трансформация прибрежных городских территорий — процесс регенерации от стихийных антропогенно-урбанизированных ландшафтов к позитивно-культурным ландшафтам // Известия КазГАСУ. 2011. № 2. С. 69—75.
8. Земля тревоги нашей. По материалам Докладов о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2010—2012 годах / под ред. С. Третьякова, Г. Аверина. Донецк, 2013. 124 с.
9. *Владимиров В. В.* Урбоэкология: конспект лекций М.: Изд-во МНЭПУ Галерея, 1999. 202 с.
10. *Макогон Ю. В.* Стратегия устойчивого развития г. Донецка до 2020 г.
11. *Воронина А. В.* Кризис городов и ландшафтный урбанизм XXI века. URL: <http://www.alairnn.ru/?a=articles&articles=124>
12. *Шолух Н. В., Мухин Е. Г.* Основные техногенные источники загрязнения, их воздействие на человека и окружающую среду (на примере Донецкой области) // Проблеми архітектури і містобудування. 2008. Вип. 6(74). С. 89—93.
13. *Гайворонский Е. А.* Разработка программы исследования региональных особенностей архитектуры городов Донбасса // Проблеми містобудування і архітектури: Вісник ДонНАБА Збірник наук. Праць. Вип. 2006-3(59). Макіївка, 2006. С. 108—110.

© *Антюфеев А. В., Клименко И. М., 2017*

*Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.*

*Ссылка для цитирования:*

*Антюфеев А. В., Клименко И. М.* Градостроительные аспекты в организации кратковременного отдыха населения в структуре ландшафтно-рекреационных зон города Донецка // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 407—417.

*Об авторах:*

**Антюфеев Алексей Владимирович** — канд. арх., профессор, зав. кафедрой урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [antyufeev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeev_a@mail.ru)

**Клименко Ирина Михайловна** — аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**A. V. Antyufeev, I. M. Klimenko**

## URBAN PLANNING ASPECTS IN THE ARRANGEMENT OF SHORT-TERM REST OF THE POPULATION IN THE STRUCTURE OF LANDSCAPE AND RECREATIONAL ZONES IN DONETSK

The article deals with the problems connected with the current state of recreational zones in the city of Donetsk and with the formation of the urban environment itself. As a result the main places in the structure of landscape and recreational zones on the map of the city suitable to design short-term resting places are revealed. Regional futures of Donbass which affect the designing are researched and specified.

**Key words:** recreation, landscape and recreation zone of the city, short-term rest, city environment.

### REFERENCES

1. Corner James. Terra Fluxus. Charles Waldheim (ed.). *The Landscape Urbanism Reader*. New York, Princeton Architectural Press, 2006. Pp. 022—033.
2. Brown L. R. *World without Borders*. N.-Y., 1972.
3. Moughtin C., Shirley P. *Urban design: green dimensions*. Burlington, 2005. 266 p.
4. Khait V. [Architect and sustainable development]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil engineering], 1997, no. 3, pp. 52—53.
5. Santamouris M. *Environmental design of urban buildings*. London, NW1 0JH, UK. 2006. Pp. 251—254.
6. Berardi U. Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings. *Sustainable Development*, 2011, 20(6), pp. 415—434.
7. Tukmanova Z.H. [Recreational transformation of coastal urban areas – the process of regeneration of natural anthropogenically-urban landscapes positive and cultural landscape]. *Izvestiya KazGASU* [News of KSUAE], 2011, no. 2, pp. 69—75.
8. Tret'yakov S., Averin G. (ed.). *Zemlya trevogi nashei. Po materialam Dokladov o sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy v Donetskoi oblasti v 2010—2012 godakh* [Earth of our worry. Adapted from the proceedings of the reports on the natural environment state in Donetsk Oblast in 2010—2012]. Donetsk, 2013. 124 p.
9. Vladimirov V. V. *Urboekologiya* [Urban ecology]. Moscow, Galeriya MNEPU Publ., 1999. 202 p.
10. Makogon Yu. V. *Strategiya ustoichivogo razvitiya g. Donetska do 2020 g.* [The strategy of sustainable development of Donetsk till 2020].
11. Voronina A. B. *Krizis gorodov i landshaftnyi urbanizm XXI veka* [Crisis of cities and landscape urbanism of the XXI century]. URL: <http://www.alairnn.ru/?a=articles&articles=124>
12. Sholukh N. V., Mukhin E. G. [Main technogenic sources of pollution, their impact on a person and the environment (by the example of Donetsk Oblast)]. *Problemi arkhitekturi i mistobuduvannya*, 2008, iss. 6(74), pp. 89—93.
13. Gaivoronskii E. A. [Development of the programme of the study of regional peculiarities of the architecture of the cities in Donbass]. *Problemi mistobuduvannya i arkhitekturi: Visnik DonNABA Zbirnik nauk. Prats'* [Problemi mistobuduvannya i arkhitekturi: Visnik DonNABA Zbirnik nauk. Prats'], vip. 2006-3(59). Makiivka, 2006, pp. 108—110.

### For citation:

Antyufeev A. V., Klimenko I. M. [Urban planning aspects in the arrangement of short-term rest of the population in the structure of landscape and recreational zones in Donetsk]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 407—417.

### About authors:

**Antyufeev Aleksei Vladimirovich** — Candidate of Architecture, Professor, Head of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [antyufeev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeev_a@mail.ru)

**Klimenko Irina Mikhailovna** — Postgraduate student of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation



УДК 725.945(470.45)

**А. В. Антюфеев, А. А. Каралев, О. И. Каралева**

*Волгоградский государственный технический университет*

### **АРХИТЕКТУРНО-МЕМОРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «СТАЛИНГРАДСКОЕ КОЛЬЦО» ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Анализируется архитектурно-мемориальный комплекс в Волгоградской области. Рассмотрены международная и региональная особенности «Сталинградского кольца» и предлагается проект сохранения и увековечивания Сталинградской битвы на части территории области.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** Сталинград, Сталинградское кольцо, мемориальный комплекс.

**Актуальность исследования** обусловлена необходимостью решения ряда проблем, одной из которых является увековечивание Сталинградской битвы как части мировой истории, и другой — сохранение традиции как основы культурных ценностей, с целью воспитания будущих поколений.

**Цель исследования** заключается в разработке приемов и принципов формирования архитектурно-градостроительных структур мемориального комплекса «Сталинградское кольцо», поиске и выявлении соответствующих точек маршрута, формирующих основные «кольца» проектируемого комплекса на части территории Волгоградской области, а также в устойчивом пространственном развитии части территории области путем взаимосвязей и согласования региональных, межрегиональных, федеральных и межотраслевых приоритетов стратегического развития территории, позволяющих выстроить механизм наиболее эффективного использования имеющихся в области ресурсов [1, 2]. В связи с этим решаются следующие задачи:

- 1) выделить на территории области места сражений в рамках военной операции с условным названием «Кольцо»;
- 2) выявить существующие памятные места, музеи, мемориалы и определить зоны, где формирование архитектурно-градостроительных структур проектируемого комплекса будет целесообразно с точки зрения транспортной доступности, охраны природы и охраны памятников истории и культуры;
- 3) разработать принципы формирования архитектурно-мемориального комплекса «Сталинградское кольцо»;
- 4) выявить принципы воспитания будущих поколений путем формирования исторических и культурных ценностей через архитектурный облик архитектурно-градостроительных частей мемориального комплекса «Сталинградское кольцо».

**Объектом исследования** являются Сталинградская битва в рамках военной операции «Кольцо» и памятные места и поселения, имеющие непосредственное отношение к этому сражению.

**Границы исследования** — часть территории Волгоградской области, междуречье Волги и Дона.

Сталинградская битва вошла в мировую историю как символ стойкости, мужества и непревзойденного героизма советского народа и его армии в

борьбе за свободу и независимость Родины, за избавление человечества от фашизма и останется в сердцах людей всего мира, всех причастных и неравнодушных (рис. 1).



Рис. 1. Кадр из фильма «Сталинградская битва». Мосфильм, 1949 г.

Величайшая битва Великой Отечественной войны, закончившаяся ликвидацией стратегической группировки вермахта в междуречье Дона и Волги, стала ключевой на военно-политической арене Второй мировой войны. Но чего стоила эта битва для людей, солдат, офицеров, генералов — искалеченные жизни, души. С обеих сторон были принесены беспрецедентные жертвы [3, 4]. Навечно остались лежать на сталинградских полях герои многонациональной советской армии, среди которых были русские, грузины, казахи, армяне, туркмены, молдаване, азербайджанцы, таджики, киргизы, украинцы, узбеки, белорусы, латыши, литовцы, эстонцы и др. [5, 6].



Рис. 2. Погибшие немецкие солдаты на сталинградском поле боя. Фото С. Струнников

С фашистской стороны — это не только немцы, но и хорваты, итальянцы, румыны, чехи, венгры, болгары и другие национальности. В общей сложности в «Сталинградском кольце» погибло более двух миллионов только солдат и офицеров с обеих сторон сражения (рис. 2). История не знает больших примеров, принесших в жертву столь огромное число человеческих жизней. Пронзительно точно были произнесены слова российского поэта, участника Сталинградской битвы, Игоря Лашкова, которые мы сопереживаем вместе с ним [7]:

Диктует писарь в штабе машинистке  
Фамилии погибших на войне,  
А их так много в этом страшном списке,  
Что боль всю грудь разламывает мне.

Могла бы история избежать столь ужасного в своих масштабах события? Никто этого не знает, зато с уверенностью и трепетом в сердце можем сказать: «Мы будем помнить мужество, храбрость, смелость, надежду и веру, стремление и главное ту любовь к Родине, что была в сердце каждого солдата на этом поле боя, и будем передавать эту память из поколения в поколение». Именно это делает необходимым и рождает идею «Сталинградского кольца».

«Уже поздно возвращаться назад, чтобы все правильно начать, но еще не поздно устремиться вперед, чтобы правильно закончить.» — сказал Ошо, индийский духовный лидер.

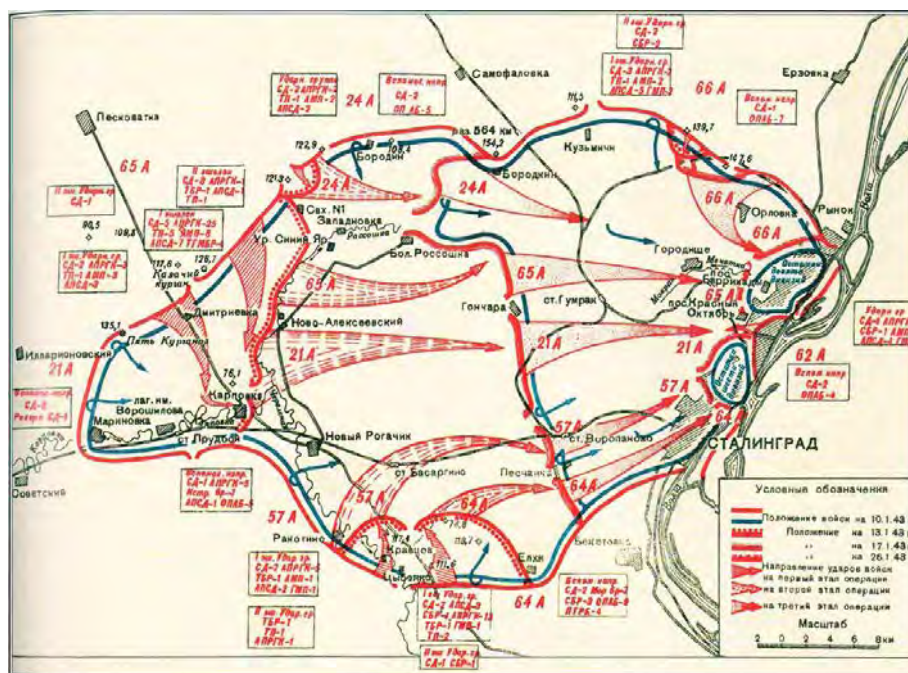


Рис. 3. Схема окружения группировки вермахта 10 января — 2 февраля в рамках операции «Кольцо»

«Сталинградское кольцо» — это реально существующее пространство, ограниченное жилыми поселками и степной территорией в междуречье Волги и Дона (рис. 3). Условно оно разделено на 3 маршрутно-туристических кольца, в соответствии с этапами наступления советских войск в рамках военной



операции «Кольцо». По задумке оно объединяет в себе памятные места: курганы, места сражений, существующие мемориалы и мемориальные комплексы. Каждое место представляет собой реновацию, реконструкцию или строительство в зависимости от целесообразности и качества существующей инфраструктуры и благоустройства [8, 9]. Но главной особенностью каждой точки туристического маршрута «Сталинградского кольца» (рис. 4) являются вовсе не архитектурно-градостроительные структуры, хотя они, конечно же, составляют неотъемлемую часть, а тонкая связь и передача тех состояний души и переживаний, что испытывали участники Сталинградской битвы и что испытываем мы, бросая взгляд на историю сражений непосредственно через архитектурно-градостроительные и планировочные структуры проектируемого архитектурно-мемориального комплекса, выраженные функциональностью, эмоциональным наполнением и художественным образом [10].

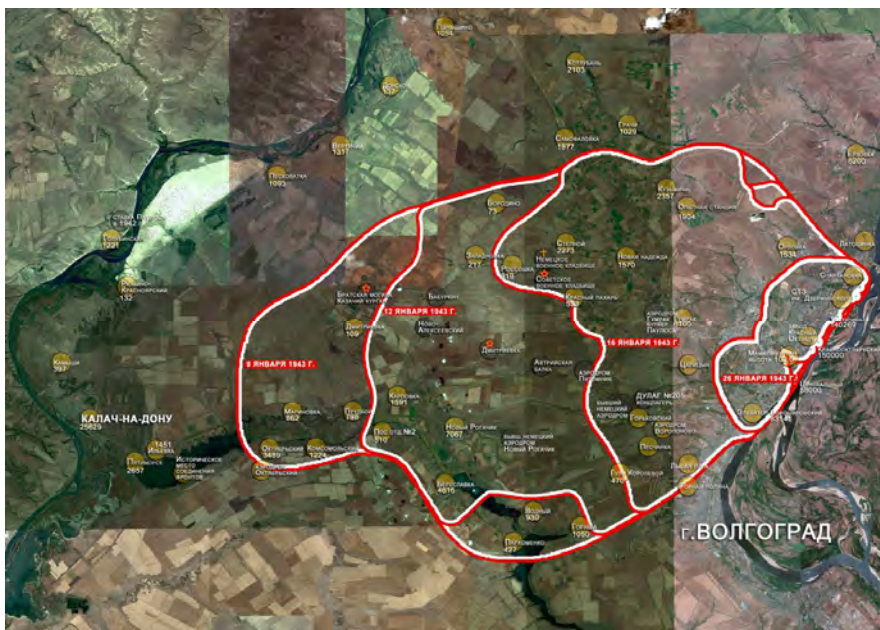


Рис. 4. Схема архитектурно-мемориального комплекса «Сталинградское кольцо»

Только такие ценности и их ипостаси в современном архитектурном воплощении памятных мест, и мемориальных комплексов в частности, позволяют помнить, кто мы, кто наши предки, чтить традиции и каждый раз возвращаться вновь и вновь с новыми эмоциями и переживаниями, с заботой о детях и будущих поколениях (рис. 5). Это помогает нам учиться на ошибках прошлого и двигаться дальше. Ведь без прошлого нет будущего. Многие философы, писатели, историки были едины в своих высказываниях в абсолютно разное время. Мы можем убедиться в этом на примере слов французского философа Вольтера: «Тот, кто не знает прошлого, не знает ни настоящего, ни будущего, ни самого себя». Так же ярко эту проблемы обозначил писатель Ирек Биккин: «У того кто не знает своего прошлого — нет будущего. История — это зеркало, в котором отображено все наше прошлое, настоящее и будущее, собранное в единое. Однажды я спросил у своего знакомого: «Как зва-

ли твоего прадеда?». На это он ответил: «Да, фиг его знает, он же умер давно!» Меня эти слова очень сильно задели. Мне стало стыдно за своего приятеля перед светлой памятью о его прадедушке... Как всегда, мои слова, скорее, лишены смысла, но ведь я в чем-то прав? Согласитесь, каждый должен знать, откуда идут его корни...



Рис. 5. Сталинград времен Второй мировой войны. Фото С. Струнникова

В современном мире все меняется, приходят новые поколения, а с ними новые понятия, в политике на международном уровне появляются двойные стандарты, а также факты, путающие действительность. Мир меняется, мир катится, подминая под себя историю. Вместе с историей мы начинаем терять и культурные ценности. Но почему так происходит и должно ли так быть? Однозначно, категорически — нет! Здесь всплывает необходимость сказать еще об одном важном понятии — традиции.



Рис. 6. Религиозный центр как пример проекта одного из памятных мест в рамках мемориального комплекса «Сталинградское кольцо»



Рис. 7. Проект Международного пантеона памяти в с. Россошка в рамках архитектурно-мемориального комплекса «Сталинградское кольцо»

Без традиции нет культуры [11, 12]. Отсюда появляется недопонимание, вражда, ненависть, ложные факты. Может быть поэтому в современном мире продолжают существовать такие проблемы, как расизм и национализм в своих самых худших проявлениях? При этом нельзя забывать о новой, все более разрастающейся проблеме — терроризм. Проблемы есть и их нужно решать. Проект и реализация архитектурно-мемориального комплекса «Сталинградское кольцо» могли бы стать хорошим решением части существующих проблем (рис. 6—8). Почему мы заговорили об этом в свете событий Второй мировой войны и Сталинградской битвы в частности? А потому, что за 72 год мир еще не забыл [13]. Мы помним и скорбим, чтим традиции и храним историю, храним нашу культуру, и проект «Сталинградское кольцо» лишь малая часть того, что мы должны сделать!

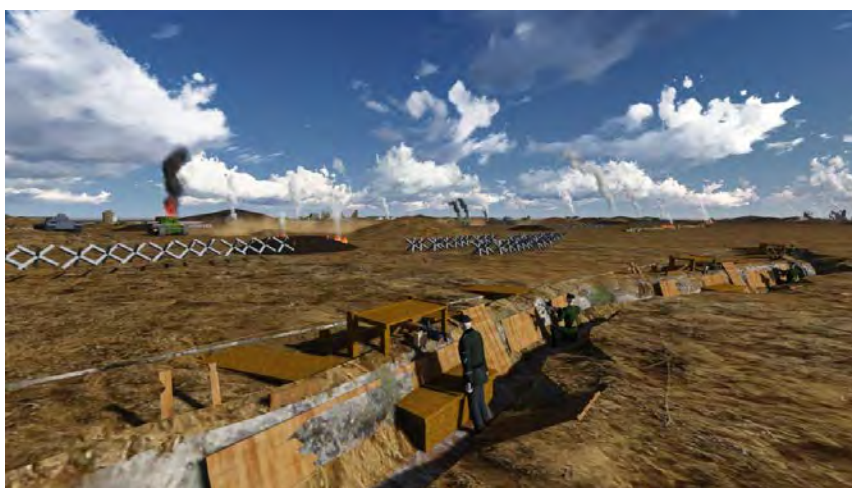


Рис. 8. Проект полигона реконструкции сражений как один из маршрутных пунктов «Сталинградского кольца»



**Научная новизна** заключается в особом подходе при проектировании архитектурно-мемориальных комплексов международного значения, в организации ряда альтернативных туристических маршрутов с учетом исторической значимости памятных мест для воссоздания художественных образов и эмоционального наполнения каждого участка маршрута.

**Практической значимостью** предлагаемого проектного решения является: во-первых, сохранение истории, памяти наших предков, повышение значимости Сталинградской битвы в мире и в России; во-вторых, почитание традиций и передача их из поколения в поколение; в-третьих, воспитание детей и будущих поколений; в-четвертых, развитие патриотизма в России; в-пятых, улучшение качества транспортных связей в регионе; в-шестых, развитие туризма.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оценка рекреационного потенциала Волгоградской области / И. И. Соколов, Г. В. Павлов, А. И. Соколов, Е. И. Горюнова, И. И. Соколов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28(47). С. 343—349.
2. Архитектурно-ландшафтная среда рекреационных территорий / В. Ф. Сидоренко, И. И. Соколов, Е. И. Мельникова, А. И. Соколов, Д. Р. Муслимова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 37(56). С. 219—225.
3. *Птичникова Г. А.* Изменения урболандшафтов крупнейших российских городов под влиянием глобализации // Проблемы формирования ландшафтной архитектуры урбанизированных территорий : материалы V науч.-практич. конф. Н. Новгород: НГСАУ, 2009. С. 3—7.
4. The prediction of scenic beauty from landscape content and composition / M. R. Patsfall, N. F. Feimer, G. J. Buhyoff, J. D. Wellman // Journal of Environmental Psychology. 1984. Vol. 4. No. 1. Pp. 7—26.
5. *Птичникова Г. А.* Архитектура и потребитель: метаморфозы города под влиянием глобального туризма // Социология города. 2010. № 3. С. 10—15.
6. *Armstrong D. Thomas Herzog*, Ecological Architect: the European Charter for Solar Energy in Architecture and Urban Planning and the Principles of Modern Architecture // ACSA Northeast Regional Meeting. 2002.October 4—6.
7. Великая Отечественная. Стихотворения и поэмы в двух томах. Т. 1. М.: Художественная литература, 1970. С. 453.
8. Экотуристическая система г. Волгограда (на примере о. Сарпинский) / И. И. Соколов, А. И. Соколов, Е. И. Капустина, В. Ф. Сидоренко, Е. И. Горюнова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 29(48). С. 218—223.
9. *Frederick Jules*. Form/Space and the Language of Architecture. Publications in architecture and urban planning, 1974.
10. Green J. Jaime Lerner's Urban Acupuncture: Celebrating Pinpricks of Change that Enrich Urban Life // The Dirt. 09.18.2014. URL: <https://dirt.asla.org/2014/09/18/jaime-lerners-urban-acupuncture/>
11. *Антюфеев А. В.* Агломеративное развитие городов: архитектурно-градостроительные идеи и их реализация (на примере Волгограда) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 15(34) С. 179—183.
12. *Horowitz A. J., Mulligan P. M., Hansen E. R.* Assessment of Land-Use Impacts of Highways in Small Urban Areas. URL: [http://dc.uwm.edu/caupr\\_mono/4/](http://dc.uwm.edu/caupr_mono/4/)
13. *Gruber P.* Biomimetics in architecture — Architecture of life and buildings. Springer, 2011.

© Антюфеев А. В., Каралев А. А., Каралева О. И., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

**Ссылка для цитирования:**

Антофеев А. В., Каралев А. А., Каралева О. И. Архитектурно-мемориальный комплекс «Сталинградское кольцо» Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 418—426.

**Об авторах:**

**Антофеев Алексей Владимирович** — канд. арх., профессор, зав. кафедрой урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [antyufeyev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeyev_a@mail.ru)

**Каралев Андрей Александрович** — аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [andrei-karalev@mail.ru](mailto:andrei-karalev@mail.ru)

**Каралева Ольга Игоревна** — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**A. V. Antyufeyev, A. A. Karalev, O. I. Karaleva**

**ARCHITECTURAL MEMORIAL COMPLEX “STALINGRAD RING”  
IN VOLGOGRAD OBLAST**

The authors analyze the architectural memorial complex in Volgograd Oblast. International and regional peculiarities of “Stalingrad Ring” memorial are considered and the project on preservation and perpetuation of the Battle of Stalingrad on the territory of Volgograd Oblast are proposed.

**Key words:** Stalingrad, Stalingrad ring, memorial complex.

**REFERENCES**

1. Sokolov I. I., Pavlov G. V., Sokolov A. I., Goryunova E. I., Sokolov I. I. [Estimation of recreational potential of Volgograd oblast]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Series: Civil Engineering and Architecture], 2012, no. 28(47), pp. 343—349.
2. Sidorenko V. F., Sokolov I. I., Mel'nikova E. I., Sokolov A. I., Muslimova D. R. [Architectural and landscape environment of recreational areas]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, iss. 37(56), pp. 219—225.
3. Ptichnikova G. A. [Changes in the urban landscape of the largest Russian cities under the influence of globalization]. *Problemy formirovaniya landsaftnoi arkhitektury urbanizirovannykh territorii : materialy V nauch.-praktich. konf.* [Problems of formation of landscape architecture of the urbanized territories: proc. of the V sci.-pr. conf.], Nizhny Novgorod, NSAU, 2009. Pp. 3—7.
4. Patsfall M. R., Feimer N. F., Buhyoff G. J., Wellman J. D. The prediction of scenic beauty from landscape content and composition. *Journal of Environmental Psychology*, 1984, 4(1), pp. 7—26.
5. Ptichnikova G. A. [Architecture and the consumer: metamorphoses of city under influence of global tourism]. *Sotsiologiya goroda* [Sotsiologiya Goroda], 2010, no. 3, pp. 10—15.
6. Armppriest D. Thomas Herzog, Ecological Architect: the European Charter for Solar Energy in Architecture and Urban Planning and the Principles of Modern Architecture. *ACSA Northeast Regional Meeting*, 2002, October 4—6.
7. *Velikaya Otechestvennaya. Stikhotvoreniya i poemy v dvukh tomakh. T. 1* [The Great Patriotic War. Poems in two volumes. Vol. 1]. Moscow, Khudozhestvennaya Literatura, 1970. Pp. 453.
8. Sokolov I. I., Sokolov A. I., Kapustina E. I., Sidorenko V. F., Goryunova E. I. [Ecotourist recreation in Volgograd (in the example of Sarpinsky Island)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2012, iss. 29(48), pp. 218—223.
9. Frederick Jules. *Form/Space and the Language of Architecture. Publications in architecture and urban panning*, 1974.

10. Green J. Jaime Lerner's Urban Acupuncture: Celebrating Pinpricks of Change that Enrich Urban Life. *The Dirt*. 09.18.2014. URL: <https://dirt.asla.org/2014/09/18/jaime-lerners-urban-acupuncture/>

11. Antyufeev A. V. [Agglomerative development of cities: ideas of architecture and town-planning and their realization (by the example of Volgograd)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2009, no. 15(34), pp. 179—183.

12. Horowitz A. J., Mulligan P. M., Hansen E. R. Assessment of Land-Use Impacts of Highways in Small Urban Areas. URL: [http://dc.uwm.edu/caupr\\_mono/4/](http://dc.uwm.edu/caupr_mono/4/)

13. Gruber P. *Biomimetics in architecture — Architecture of life and buildings*. Springer, 2011.

*For citation:*

Antyufeev A. V., Karalev A. A., Karaleva O. I. [Architectural memorial complex “Stalingrad ring” in Volgograd oblast]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 418—426.

*About authors:*

**Antyufeev Aleksei Vladimirovich** — Candidate of Architecture, Professor, Head of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [antyufeev\\_a@mail.ru](mailto:antyufeev_a@mail.ru)

**Karalev Andrei Aleksandrovich** — Postgraduate student of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [andrei-karalev@mail.ru](mailto:andrei-karalev@mail.ru)

**Karaleva Ol'ga Igorevna** — Master's Degree Student of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 332.132

**Е. В. Гурова<sup>а</sup>, Т. Б. Иванова<sup>а</sup>, Ю. С. Калашникова<sup>а</sup>, Р. Х. Курамшин<sup>а</sup>,  
В. С. Вишневский<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup> *Волгоградский институт управления — филиал РАНХиГС*

## **К РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТУРОВ ПЕРЕХОДА К СОВРЕМЕННОМУ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМУ ТРЕНДУ**

В настоящее время в России разрабатывается система стратегического планирования, одним из элементов которой является стратегия пространственного развития. В статье сделан обзор существующих вызовов, барьеров и драйверов территориального развития федеральных округов РФ. Сформулированы предложения по разработке стратегии пространственного развития на основе моделирования контуров перехода к современному инвестиционно-градостроительному тренду.

**Ключевые слова:** стратегия пространственного развития, федеральные округа, барьеры, вызовы, драйверы территориального развития.

В настоящий период в России усилилось внимание к определению оптимальной схемы размещения производства и расселения с учетом обеспечения достойного качества жизни и безопасности жизненного пространства для населения страны. Необходимая для этого нормативная база была заложена в 2014 г. принятием федерального закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации»<sup>1</sup>. Его реализация предполагает разработку отраслевых документов стратегического планирования и стратегии пространственного развития Российской Федерации. Цель данной статьи — проанализировать сложившиеся тенденции пространственного развития для определения необходимости и возможностей изменений их сложившегося тренда. Для этого обобщим информацию о существующих барьерах, вызовах и драйверах пространственно-территориального развития последних десятилетий, а также выявим их влияние на сложившиеся социально-экономические особенности территорий России.

Особенности социально-экономического развития федеральных округов в настоящее время определены в их Стратегиях на период до 2025 г. В этих документах выделены следующие основные проблемы достигнутого состояния российских территорий.

Дальний Восток и Байкальский регион<sup>2</sup> имеют низкую степень интеграции в общероссийское пространство при высоких затратах поддержания жизни населения из-за значительной протяженности территории и суровых при-

<sup>1</sup> «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ. URL: [base.garant.ru/70684666/](http://base.garant.ru/70684666/)

<sup>2</sup> Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 декабря 2009 года № 2094-р. URL: <http://www.consultant.ru/search/base>; Государственная программа «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 308. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru).

родно-климатических условий. Внутри округа выделяются, с одной стороны, слабо заселенный север с низкой плотность заселения и высокими затратами на сезонный завоз грузов, с другой, более густо заселенный юг, имеющий существенные, по сравнению с остальной частью России, хозяйственные связи с азиатско-тихоокеанскими странами.

Схожие проблемы развития и у Сибирского федерального округа<sup>3</sup>, который тоже разделяется на менее развитый север и более обустроенный для проживания юг. Природно-климатические условия территории суровы. За счет этого затраты на ведение экономической деятельности в строительстве в 1,5...2 раза, а по прочим видам деятельности на 25...40 % выше по сравнению с европейской частью России. Экономика ориентирована на внешние по отношению к региону рынки, осуществляется вывоз капитала в европейскую часть страны и за границу.

Кроме указанных, общими проблемами Дальнего Востока и Сибири являются:

- слабость внешних интеграционных связей с остальными регионами России и внутренних — между муниципалитетами, расположенными внутри федеральных округов;

- очаговый характер и низкая плотность расселения;

- незначительная транспортная освоенность территории;

- угроза закрепления за округами роли сырьевых придатков более развитых экономик;

- значительная миграция населения.

Промежуточное положение между рассмотренными выше районами и Приволжским федеральным округом занимает Урал<sup>4</sup>. Его территория тоже делится на северную и южную. Последняя имеет более высокий уровень развития, схожий с Приволжским округом<sup>5</sup>. В целом для Приволжского и Уральского федеральных округов характерны:

- оскудение минерально-сырьевой базы;

- изношенность основных фондов;

- ухудшение экологической ситуации.

К особым проблемам Уральского федерального округа относится наличие городов с монопрофильной структурой экономики, дифференциация уровня развития городской и сельской местностей, вывоз капиталов финансово-промышленными группами и международными корпорациями. Часто повторяются природные катаклизмы: паводки, наводнения, ураганы, смерчи, засухи и т. д.

Приволжский федеральный округ более однороден по природно-климатическим условиям, чем Уральский. На его территории преобладают

<sup>3</sup> Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 5 июля 2010 года № 1120-р (в ред. от 26.12.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>

<sup>4</sup> Стратегия социально-экономического развития Уральского федерального округа до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 6 октября 2011 года № 1757-р (в ред. от 26.12.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>

<sup>5</sup> Стратегия социально-экономического развития Приволжский федеральный округ до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 7 февраля 2011 года № 165-р (в ред. от 26.12.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>



фондоемкие, материалоемкие и энергоемкие, в основном изношенные производственно-технологические мощности. Секторы экономики, вносящие наибольший вклад в производство валового регионального продукта, имеют низкую производительность труда. Существенны миграционные потоки в Москву, Санкт-Петербург, промышленно развитые регионы Урала.

Северо-Западный федеральный округ<sup>6</sup>. В нем дифференциация природно-климатических условий проходит по иной оси по сравнению с ранее рассмотренными регионами. Различия в уровне развития имеют западные, более технологически развитые, и восточные территории. В целом для округа характерны количественные ограничения трудовых ресурсов, в том числе структурные — в виде нехватки квалифицированных кадров в массовых рабочих профессиях, недостаточное развитие как дорог внутриобластного и местного значения, так и тепло- и водоснабжения.

Территория Южного федерального округа<sup>7</sup> тоже имеет неблагоприятные природно-климатические условия, хотя и иные по сравнению с Сибирью и Дальним Востоком. Сокращение объемов производства из-за конкуренции со стороны соседних стран и регионов-лидеров, низкая производительность труда, аграрно-индустриальный характер хозяйства, близость зон потенциальных конфликтов в Кавказском макрорегионе привели к утрате ранее существовавшей привлекательности этой территории для проживания. Сокращается численность профессиональных кадров, снижается доля трудоспособного населения, в моногородах растет безработица. Высок уровень теневой экономики, нелегальной миграции, ухудшает экологическую ситуацию антропогенное воздействие на экосистемы Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

Северо-Кавказский федеральный округ<sup>8</sup>. Численность населения растет, но уровень развития экономики остается низким. Это приводит к высокой безработице, дотационности развития территорий, концентрации населения в сельской местности. Сохраняется напряженная криминогенная и этнополитическая обстановка.

Центральный федеральный округ<sup>9</sup> наиболее благоприятен для проживания по природно-климатическим природным условиям и созданной искусственной среде. К наиболее существенным проблемам относятся:

---

<sup>6</sup> Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 18 ноября 2011 года № 2074-р (в ред. от 26.12.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>

<sup>7</sup> Стратегия социально-экономического развития Южного федерального округа на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 5 сентября 2011 года № 1538-р (в ред. от 26.12.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>

<sup>8</sup> Стратегия социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 6 сентября 2010 года № 1485-р (в ред. от 28.10.2014). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>;

Государственная программа «Развитие Северо-Кавказского федерального округа» на период до 2025 года. Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 309. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru).

<sup>9</sup> Стратегия социально-экономического развития Центрального федерального округа до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 6 сентября 2011 года № 1540-р (в ред. от 11.02.2015). URL: <http://www.consultant.ru/search/base>

концентрация населения, транспортных потоков, бизнес-процессов в Московском регионе и крупных центрах, то есть формирование моноцентрической системы размещения при сокращении численности населения в иных населенных пунктах;

дифференциация городской и сельской местности;

появление большого числа монопоселений;

ухудшение экологической ситуации.

В целом общими проблемами каждого региона являются:

неравномерность внутреннего развития территорий, в том числе в виде распределения доходов и обеспечения платежеспособного спроса;

низкая транспортная обеспеченность;

концентрация производственных ресурсов (труда, капитала, основных средств), приводящая к ухудшению экологической ситуации в определенных населенных пунктах, усилению нагрузки на инженерную, транспортную, коммунальную, социальную инфраструктуру.

Достигнутое состояние социально-экономического развития регионов, обостряющееся совмещенными кризисными явлениями в экономике, в разрезе отдельных временных периодов в обобщенной форме будет давать следующие вызовы и угрозы.

На ближайшие 3 года (до 2018 г.):

1) рост количества убыточных организаций и их банкротство (закрытие производства, сокращение персонала, потеря будущих доходов);

2) недообеспечение воспроизводственных процессов в отраслях специализации отстающих регионов;

3) сдвиг интересов инвесторов в сторону экономически развитых, малорисковых отраслей и регионов, что может обострить потребность нуждающихся субъектов в финансировании и привести к дальнейшему развитию застоя и стагнации территорий;

4) недостаток частных и государственных инвестиций в особо нуждающихся отраслях, в том числе в связи со спецификой организации движения финансовых потоков в рамках консолидированных групп налогоплательщиков;

5) резкая депопуляция регионов, вызванная оттоком населения в более экономически развитый субъект, что влечет за собой потерю высококвалифицированных кадров);

6) рост безработицы, вызванный сокращением производства и банкротством предприятий;

7) увеличение доли малоимущего населения;

8) инфраструктурное недообеспечение (особенно в периферийных регионах), что, в свою очередь, снизит вероятность получения инорегиональной поддержки;

9) пространственная поляризация и агломерационные вызовы административно-территориальному делению.

На 2018—2023 гг. при стабилизации экономической ситуации:

1) низкий уровень развития меж- и внутрирегиональной транспортной инфраструктуры;

2) недостаточность энергоресурсов;

3) наращивание очагового характера расселения с продолжающимся процессом обезлюживания части территорий;

- 4) различия регионального качества жизни, в том числе по обеспеченности жильем;
- 5) рост изношенности основных фондов;
- 6) рост городских агломераций;
- 7) неравномерное региональное формирование инновационных производств;
- 8) продолжение оттока населения в наиболее развитые регионы;
- 9) сохранение пространственной поляризации.

В 2023—2030 гг. при сохраняющихся тенденциях развития можно ожидать продолжение реализации следующих негативных процессов:

- 1) воспроизводство очагового характера расселения с продолжающимся процессом обезлюживания части территорий;
- 2) рост городских агломераций;
- 3) сохранение пространственной поляризации;
- 4) усложнение в крупных агломерациях экологических и инфраструктурных проблем;
- 5) формирование угроз территориальной целостности России за счет усиления миграции из пограничных стран;
- 6) истощение разведанных и используемых запасов природных ресурсов.

В настоящее время в правительственных документах, планах развития регионов, принятых субфедеральными органами, заложен ряд драйверов роста, которые могут способствовать преодолению указанных вызовов и барьеров. На ближайшие 3 года (до 2018 г.) ими являются:

- 1) переход к стратегическому планированию регионального развития, что позволит определить перспективные инвестиционные проекты развития территорий и организовывать работу по привлечению на предоставляемые инвестиционные площадки инвесторов;
- 2) разработка генеральных планов застройки населенных мест, дающих возможность перейти от хаотичной застройки к нормативно обусловленной, позволяющей реализовывать экологические и санитарные требования к окружающей среде;
- 3) проведение инвентаризации земель и недвижимости, создание информационной базы, позволяющей точно закреплять права собственности за определенным хозяйствующим субъектом;
- 4) реализация государственных программ, направленных на повышение качества жизни и развитие различных территорий.

«Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона»: развитие транспортной доступности и повышение качества жизни на территории Дальнего Востока и Байкальского региона за счет строительства и реконструкции участков автомобильных дорог регионального значения; обеспечение своевременного и надежного вывоза товаров, произведенных на территории Дальнего Востока, а также проходящих транзитом через территорию Дальнего Востока и Байкальского региона, за счет значительного увеличения пропускной способности железных дорог и развития морских портов; создание основы для повышения мобильности населения Дальнего Востока и Байкальского региона за счет осуществления реконструкции аэропортов регионального и местного значения;

«Развитие Северо-Кавказского федерального округа» на период до 2025 года: стимулирование инвестиционной активности в Северо-Кавказском федеральном округе и привлечение капитала в экономику; создание современной туристической инфраструктуры туристско-рекреационных особых экономических зон (ОЭЗ) в Северо-Кавказском федеральном округе, Краснодарском крае и Республике Адыгея; увеличение числа мест/коек в коллективных средствах размещения особо охраняемого эколого-курортного региона Кавказские Минеральные Воды; создание новых рабочих мест в конкурентоспособных отраслях экономики и сокращение естественного уровня безработицы, обеспечение роста денежных доходов населения и снижения уровня безработицы; модернизация объектов образования, здравоохранения, социальной защиты и социального обслуживания населения; обеспечение доступности для населения медицинской помощи на всех ее этапах; обеспечение доступности для населения услуг дошкольного образования; создание условий для увеличения доли учащихся общеобразовательных организаций, занимающихся в первую смену; создание условий для увеличения рождаемости и продолжительности жизни населения.

«Социально-экономическое развитие Калининградской области»<sup>10</sup> на период до 2020 г.: создание опорной инфраструктуры области; развитие конкурентоспособных секторов экономики; повышение уровня и качества жизни населения; развитие туризма и повышение мобильности населения.

«Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»<sup>11</sup> на период до 2020 года: усиление координации деятельности органов государственной власти при реализации государственной политики в Арктической зоне Российской Федерации; организация мониторинга социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации.

«Создание условий для эффективного и ответственного управления региональными и муниципальными финансами, повышения устойчивости бюджетов субъектов Российской Федерации»<sup>12</sup> до 2020 г.: совершенствование системы распределения и перераспределения финансовых ресурсов между уровнями бюджетной системы Российской Федерации; сокращение дифференциации субъектов Российской Федерации по уровню их бюджетной обеспеченности, сбалансированности региональных и местных бюджетов; повышение эффективности управления государственными финансами субъектов Российской Федерации и муниципальными финансами.

<sup>10</sup> Государственная программа «Социально-экономическое развитие Калининградской области до 2020 года». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 311. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru)

<sup>11</sup> Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны российской Федерации до 2020 года». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2014 г. № 366. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru)

<sup>12</sup> Государственная программа «Создание условий для эффективного и ответственного управления региональными и муниципальными финансами, повышения устойчивости бюджетов субъектов Российской Федерации». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 310. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru)

«Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013—2020 годы»<sup>13</sup>: стимулирование роста производства основных видов сельскохозяйственной продукции и производства пищевых продуктов, направленное на импортозамещение; обеспечение проведения противоэпизоотических мероприятий в отношении заразных болезней животных; поддержка развития инфраструктуры агропродовольственного рынка; обеспечение сбыта сельскохозяйственной продукции, повышение ее товарности за счет создания условий для ее сезонного хранения и подработки; повышение эффективности регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия; модернизация материально-технической и технологической базы селекции и семеноводства; поддержка малых форм хозяйствования; обеспечение эффективной деятельности органов государственной власти в сфере развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия; повышение уровня рентабельности в сельском хозяйстве для обеспечения его устойчивого развития; поддержание финансовой устойчивости агропромышленного комплекса; повышение качества жизни сельского населения; стимулирование инновационной деятельности и инновационного развития агропромышленного комплекса; развитие биотехнологии; создание условий для эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения; развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения; экологически регламентированное использование в сельскохозяйственном производстве земельных, водных и других возобновляемых природных ресурсов, а также повышение плодородия почв до оптимального уровня в каждой конкретной зоне; строительство, реконструкция и модернизация объектов товаропроводящей и логистической инфраструктуры, в том числе в целях оказания внутренней продовольственной помощи населению; опережающее развитие сельскохозяйственного производства субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа; наращивание объемов сельскохозяйственного производства в субъектах Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, для замещения импортной продукции с учетом экономической целесообразности на период до 2020 г.;

«Развитие транспортной системы»<sup>14</sup> до 2020 г.: развитие сети автомобильных дорог федерального значения; развитие железнодорожных линий; развитие аэропортовой сети (аэропорты-хабы, внутрироссийские узловые аэропорты и региональные аэропорты); обеспечение функционирования сети автомобильных дорог федерального значения; организация развития скоростных автомобильных дорог на условиях государственно-частного партнерства; повышение

<sup>13</sup> Государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 315. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru).

<sup>14</sup> Государственная программа «Развитие транспортной системы». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 319. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru).

качественных характеристик внутренних водных путей; формирование единой дорожной сети круглогодичной доступности для населения; обеспечение потребности в перевозках пассажиров на социально значимых маршрутах; увеличение пропускной способности российских морских портов; повышение конкурентоспособности международных транспортных коридоров и комплексное развитие крупных транспортных узлов; обновление парка транспортных средств, состава морского и речного флота; защита жизни и здоровья населения на транспорте от актов незаконного вмешательства, в том числе террористической направленности, а также от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; обеспечение безопасности на транспорте; развитие интегрированной системы контроля безопасности на транспорте; развитие гражданского использования «ГЛОНАСС» на транспорте.

«Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»<sup>15</sup> до 2020 г.: опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития новых отраслей; снятие регуляторных барьеров и формирование паритетных условий для вывода на рынок инновационной продукции. Для развития отраслей промышленности, ориентированных на потребительский рынок: стимулирование увеличения доли внебюджетных источников финансирования; поэтапное сокращение объемов прямого государственного финансирования отраслей; фокусировка инструментов государственной поддержки на стимулировании спроса. Поддержка отраслей промышленности, ориентированных на инвестиционный спрос: обновление технологической базы соответствующих отраслей промышленности; стимулирование научных исследований и разработок, направленных на создание новых технологий и материалов; обеспечение для российских компаний равных условий конкуренции на российском и мировом рынке; стимулирование экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью; развитие конкуренции, в том числе через поэтапное сокращение доли государства в капитале компаний; координация программ технологического развития отраслей промышленности с тенденциями спроса на технологическую продукцию в потребляющих отраслях энергетического и сырьевого сектора экономики. Ключевой задачей развития ОПК является повышение эффективности использования производственного потенциала оборонно-промышленного комплекса для обеспечения разработки и производства новых видов вооружения и военной техники. В сферах технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений требуется: а) создание эффективной системы технического регулирования; б) совершенствование национальной системы стандартизации, гармонизация национальных стандартов Российской Федерации с международными стандартами; в) обеспечение единства измерений в интересах повышения качества жизни населения и конкурентоспособности экономики; г) недопущение научного и технологического отставания России от признаваемого мирового уровня точности измерений, сохранение метрологического суверенитета России.

<sup>15</sup> Государственная программа «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Утверждена Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 328. URL: [programs.gov.ru](http://programs.gov.ru).

В 2018—2023 гг. драйверами роста при сохранении позитивных тенденций могут стать:

1) увеличение внутреннего спроса на продукцию местных промышленности и сельского хозяйства в связи с импортозамещением и появлением конкурентоспособных российских производств;

2) развитие инновационной инфраструктуры и инвестиционного лифта на основе сформированных инновационных институтов и внедрения инициатив АСИ и Минэкономразвития по использованию опыта лучших практик муниципального управления, стандартов инвестиций и конкуренции;

3) позитивные изменения «посевных» инновационных фирм и стартапов, их переход в стадии «раннего расширения», «позднего расширения», мезоинновационную, создающие предпосылки для массового использования инноваций в региональной экономике;

4) меры, принимаемые для формирования гражданского общества, в том числе воспитание патриотизма и любви к малой Родине: развитие волонтерских движений, детских и молодежных патриотических объединений, что создаст предпосылки для повышения качества трудовых ресурсов за счет развития инициативы и креативности трудоспособного населения;

5) продолжение реализации государственных программ, введенных в период до 2018 г., которые за счет охвата всех сфер жизни и организации государственно-частного партнерства по различным направлениям инвестирования должны обеспечить инфраструктурные улучшения пространственной экономики в виде улучшения транспортной доступности, расширения энергетических возможностей территорий, улучшения обеспеченности жильем.

Реализация отмеченных выше драйверов в 2023—2030 гг. может привести к следующему:

1) появлению технологических точек роста в связи с активизацией выхода на IPO инновационных предприятий, что приведет к формированию отраслей, конкурентоспособных на мировом уровне;

2) развитию дистанционных форм обучения и занятости, что изменит конфигурацию рынка труда, создаст дополнительные возможности выравнивания качества рабочих мест по регионам;

3) использованию в полной мере конкурентных преимуществ отдельных регионов России, а именно:

Дальний Восток и Байкальский регион: экономико-географическое расположение, обеспечивающее кратчайшие транспортные маршруты «Восток — Запад» в Азиатско-Тихоокеанском регионе, рудные и нерудные полезные ископаемые, водные, биологические, гидроэнергетические, лесные, рекреационные и другие ресурсы, наличие протяженного морского побережья и внешней границы как возможности развития сотрудничества, развитой «базовой» портовой инфраструктуры, привлекательных туристических активов, близость к крупнейшим мировым туристическим рынкам;

Приволжский федеральный округ: расположение на перекрестке международных транспортных коридоров, соединяющих Сибирь, Дальний Восток, страны Восточной Азии, европейскую часть России и государства Европы. Прохождение по территории большинства трубопроводов из Западной Сибири, что способствует развитию нефтехимической промышленности, снижает издержки на обеспечение регионов топливными ресурсами. Агропромыш-

ленный и научный диверсифицированные потенциалы, запасы минерально-сырьевых ресурсов, высокая плотность расселения;

Северо-Западный федеральный округ: научно-технический и историко-культурный потенциал, компактность территории, общность инфраструктуры, конфигурация коммуникаций, взаимодополняющий характер экономических и природных условий субъектов, входящих в состав округа, исторически сложившиеся взаимосвязи;

Северо-Кавказский федеральный округ: благоприятная демографическая ситуация, природно-климатические условия, туристско-рекреационный и агротехнический потенциал;

Сибирь: запасы угля 80 % общероссийских запасов, меди — 70 %, никеля — 68 %, свинца — 86 %, цинка — 77 %, молибдена — 82 %, золота — 41 %, металлов платиновой группы — 99 %, гидроэнергетических ресурсов и запасов древесины — более 50 %. По запасам пресной воды крупные сибирские реки и озеро Байкал становятся стратегическим ресурсом планеты. Наличие свободных, экологически чистых, не подверженных природным катаклизмам и пригодных для жизни людей и экономической деятельности территорий;

Уральский федеральный округ: транспортные коммуникации, соединяющие европейскую и азиатскую части, страны Евросоюза с Азиатско-Тихоокеанским регионом; богатейшая природно-ресурсная база, включающая запасы нефти и газа (70...80 % всех прогнозных нефтегазовых ресурсов страны), минерально-сырьевая база (55...60 %); мощный экономический потенциал, обеспечивающий высокую региональную конкурентоспособность; значительные объемы собственных доходов бюджетов большинства субъектов округа; присутствие на территории округа конкурентоспособных на глобальном уровне бизнес-структур в нефте- и газодобыче, производстве стали, проката, стальных труб; сравнительно высокий уровень обеспеченности квалифицированными трудовыми ресурсами; высокий научный и образовательный потенциал крупных полифункциональных агломераций;

Центральный федеральный округ: экономическая и социальная освоенность территории, место прохождения важнейших транспортных магистралей, мощная научно-интеллектуальная база, диверсифицированная экономика, наличие привлекательных туристических активов, близость к крупнейшим мировым рынкам, налаженные внешнеэкономические связи, высокий уровень жизни и миграционная притягательность, наличие единой энергосистемы с развитой системой перетока мощности между субъектами округа;

Южный федеральный округ: транспортно-географическое положение, обусловленное наличием Волго-Каспийского пути из Северной и Центральной Европы в страны Средней, Юго-Западной и Южной Азии, Транссибирско-Черноморского пути, связывающего страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Корея, Япония) со странами Средиземноморского бассейна. Наиболее благоприятные для проживания, отдыха и сельского хозяйства природно-климатические условия и природно-ресурсный потенциал, достаточно мощный промышленно-производственный потенциал, занимающий в некоторых отраслях агропромышленного комплекса, сельскохозяйственного машиностроения, металлургии, химии и нефтехимии, пищевой промышленности ведущие позиции в стране, формирующий спортивно-рекреационный



и транспортно-инфраструктурный Сочинский олимпийский комплекс, который стал катализатором социально-экономического развития Краснодарского края.

Как видно из приведенного обзора, в России есть и уже реализуются различные проекты, создающие потенциальные возможности преодоления вызовов и барьеров территориально-пространственного развития. Их можно усилить применением таких мер, как:

1) совершенствование существующих хозяйственных систем, организация производственно-территориальных холдингов, межрегиональная интеграция на базе «сквозных» коммуникаций скоростного транспорта, повышения надежности энергетических систем;

2) разработка типовых и реализация проектов социальной инфраструктуры в зависимости от типа населенного места;

3) обеспечение круглогодичной транспортной доступности населенных мест за счет развития малой авиации, экранопланов, дирижаблей, узкоколейных железных дорог, монорельсового транспорта, судов на воздушной подушке;

4) развитие энергетической подсистемы за счет строительства вторых цепей линий электропередач для увеличения пропускной способности и надежности передачи, сокращения потерь и общих издержек, а также замещение дорогостоящего топлива, внедрение источников внеотопливной генерации (атомной или рассредоточенной гидро- и биоэнергетики);

5) совершенствование системы расселения и размещения производительных сил с учетом мировой практики увеличения числа и размера городских агломераций (в 2008 г. в мире существовало 459 агломераций с численностью населения более 1 млн чел, в которых проживало около 20 % населения планеты и 40 % горожан, к 2015 г. ожидается рост числа таких агломераций до 900). Это предполагает создание в России следующих агломераций: на Дальнем Востоке — Владивостокской, Хабаровской, Иркутской, в Сибири — Красноярской, Новосибирской, на Урале — Екатеринбургской, Челябинской, Тюменской, в Приволжском федеральном округе — Казанской, Нижегородской, Самарско-Тольяттинской, Пермской, Саратовской, Уфимской, в Южном — Ростовской, Краснодарской, Волгоградской, Восточно-Донбасской, Сочинской, в Центральном — Московский регион, в Северо-Западном — Санкт-Петербургской и Вологдо-Череповецкой;

6) в связи с расширением городских агломераций и ограниченности трудовых ресурсов для освоения полезных ископаемых применять вахтовые и экспедиционные методы, разработав типовые сопряженные формы обеспечения жильем, включающие в себя населенные места для добычи полезных ископаемых в труднодоступных и сложных для проживания районах и «спальные» населенные места на территориях с благоприятными природно-климатическими условиями проживания, что позволит обеспечить приток трудовых ресурсов для работы в труднодоступных местах;

7) преодоление разобщенности стратегического, территориального и бюджетного планирования;

8) переход от когнитивной концепции Всемирного банка по формированию стратегии и политики территориального (городского и регионального) развития к когнитивно-институциональному подходу, основанному на сле-

дующих ключевых методологических принципах [1]: а) необходимость ориентации всего процесса стратегического планирования и развития на ключевых стейкхолдеров, их максимальное вовлечение в стратегические процессы; б) применение коммуникационных технологий формирования общих ментальных моделей, маркетингового инструментария создания и продвижения коллективных представлений населения о различных проблемах стратегического развития территорий и способах их решения; в) минимизация транзакционных и когнитивных издержек участников регулируемых процессов; г) признание критической значимости социальной интеграции экономических институтов и процессов, ключевой роли местных сообществ и локальных неформальных норм, ценностей, традиций, идентичностей; д) особый учет при разработке и реализации пространственной стратегии культуры как комплекса территориально-специфичных ментальных моделей, влияющей на восприятие людьми среды своего проживания, их идентичности и понимания (в том числе неверного) сигналов и стимулов, идущих от рынка, общества или государства.

В исследованиях западных экономгеографов обоснована необходимость использования первотолчка для придания всей региональной системе импульса дальнейших изменений. К ним относятся, например, работы по полюсам роста Ф. Перру [2], Ж.-Р. Будвилля [3], Х. Р. Ласуэна [4], по концентрации несбалансированного роста А. Хиршмана [5], оси (коридоре) развития П. Потье [6], моделям «вулкана» Х. Гирша [7] и центр-периферии Дж. Фридана [8], теории потенциала рынка Дж. Харриса [9] и другие. С их учетом реализация предложенных мероприятий предполагает проведение реформы территориального и пространственного развития, что вызывает необходимость изменения сложившегося инвестиционно-градостроительного тренда. По мнению авторов, она должна иметь следующие составляющие.

А. Разработка «Стратегии пространственного развития», порядок осуществления мониторинга и контроля ее реализации: приоритеты совершенствования системы расселения на территории Российской Федерации и механизмы стимулирования расселения в соответствии с приоритетными направлениями совершенствования системы расселения; направления изменения структуры экономики Российской Федерации в региональном аспекте; перспективные конкурентные преимущества и экономическая специализация субъектов Российской Федерации в межрегиональном разделении труда в соответствии с их типологической принадлежностью, учитывающие принципы обеспечения согласованности приоритетов отраслевого и регионального развития; прогноз (оценка) потребности субъектов РФ в трудовых ресурсах с учетом перспективной экономической специализации и прогнозов социально-экономического развития соответствующих территорий; прогноз (оценка) потребности в размещении и развитии федеральной инженерной, транспортной и социальной инфраструктуры с учетом перспективной экономической специализации соответствующих территорий; перечень потенциальных территорий опережающего социально-экономического развития, основанный на комплексной оценке и анализе условий и потенциалов пространственного развития РФ; варианты территориального размещения национальных технологических платформ; направления интеграции РФ в единое евразийское и мировое экономическое пространство; состав макрорегионов на территории РФ; результаты отнесения городов и регионов РФ к определенным типам.

Это определит перспективную современную пространственную конфигурацию регионов России, инвестиционные площадки и инвестиционные проекты, обеспечивающие сохранение территориальной целостности и повышение качества жизни населения.

Ключевыми рисками при разработке «Стратегии пространственного развития» могут стать:

1) возможный неполный учет факторов, обеспечивающих эффективную пространственную конфигурацию, что приведет к неполному достижению поставленных целей (повсеместное повышение качества жизни населения);

2) недостаток финансовых ресурсов для реализации в полном объеме принятой стратегии пространственного развития, что тоже приведет к неполному достижению поставленных целей в виде, прежде всего, недостаточного повсеместного повышения качества жизни населения.

Для смягчения указанных рисков в качестве альтернативного подхода можно рекомендовать: выполнение стратегии пространственного развития за более длительный период, ее корректировка в связи с вновь появившимися технологическими разработками и предприятиями-пионерами, обеспечивающими их прибыльное применение.

Б. Изменение институциональных и организационно-правовых основ территориального и пространственного развития:

1) развивать партисипаторное (инициативное) бюджетирование, что позволит гражданам самим определять направления развития территорий. Это является отражением общественного запроса на преодоление устоявшихся стереотипов и переносом акцентов государственной политики с пространственных преобразований исключительно «по государственному проекту» на саморазвитие регионов, сопряженное с интересами крупного бизнеса, который играет возрастающую роль в преобразованиях социоэкономического пространства;

2) реализовывать различные инициативы на условиях софинансирования (государственно-частного партнерства), опираясь при организации пространства на практические принципы конструирования нового поколения стратегий и политик территориального развития, базирующихся на когнитивно-институциональном подходе: идентификация наиболее значимых групп стейкхолдеров (с достаточной степенью детализации), определение комплекса их интересов и потребностей в институциональном обеспечении; снижение «когнитивных налогов», связанных с доступом к различным административным сервисам и информации о правилах и механизмах регулирования (максимальная открытость, быстрая обновляемость, использование дружелюбных для пользователей интерфейсов и понятного языка и т. д.); своевременное выявление и поддержка инициатив «снизу», позитивных самозарождающихся тенденций и регулярностей поведения; вовлечение местного сообщества (в том числе общественных организаций, волонтеров, участников краудсорсинговых проектов и др.) в формирование и пропаганду новых социальных норм и ментальных моделей;

3) повышать ответственность органов регионального управления за выполнение принятых решений вплоть до наложения взысканий на личное имущество, вводить «точечную», индивидуализированную работу с инвесторами по типу проектного управления;

4) разработать меры по снижению межрегиональных коммуникационных барьеров, переходя от региональной конкуренции к межрегиональному сотрудничеству, что позволит на базе сложившегося административно-территориального деления перейти к формированию территориальных образований по экономическим признакам: макрорегионам, локальным регионам, агломерациям;

5) включить в индикаторы качества территориального развития показатели числа вновь созданных рабочих мест, средней заработной платы и ее распределения по децильным группам, установив их нормативные значения, оценку форм и эффективности межрегиональной кооперации.

Изменения институциональных и организационно-правовых основ территориального и пространственного развития могут привести к активизации гражданской инициативы по поддержанию качества жизни и развитию производственного потенциала территорий. Дополнительно это может обеспечить такие положительные тенденции, как:

- 1) сокращение миграции населения в места жительства с большим разнообразием рабочих мест и более высоким уровнем доходов;
- 2) снижение нагрузки внутренних мигрантов на инфраструктуру крупных городов;
- 3) повышение импортозамещения;
- 4) улучшение продовольственной безопасности;
- 5) усиление внимания региональных властей к проблеме обеспечения занятости населения.

Ключевыми рисками, связанными с предложенными процессами, являются:

- 1) отсутствие проявления гражданами инициативы, особенно в виде софинансирования, в том числе в связи с недостаточностью доходов;
- 2) недостаточное выравнивание качества жизни для сокращения миграционных потоков на более развитые территории;
- 3) недостаточность и/или несоответствие качества местных производственных ресурсов производственным потребностям;
- 4) изменчивость интересов стейкхолдеров, функционирующих на межрегиональном уровне.

Альтернативным решением предложенных мероприятий, сокращающим указанные риски, может стать формирование точек роста региональными властями с последующим широким обсуждением с заинтересованными лицами. Его основное отличие от изменения институциональных и организационно-правовых основ территориального и пространственного развития состоит в централизованном принятии решений о территориальном развитии и изменении пространственной конфигурации без опоры на гражданское общество. Это может привести к ряду негативных тенденций:

- 1) рост миграционных процессов из-за привлечения новых работников в связи с несоответствием качества рабочих мест и местных трудовых ресурсов;
- 2) изменение национального состава населения;
- 3) организация работы вахтовым методом.

В. Технологические изменения организации территориального пространства предполагают реализацию следующих мероприятий:

1) изменить трактовку понятия «комплексность застройки», включив в него учет доступности, качества и безопасности дорожного сообщения «населенное место — центр муниципального образования — региональный центр», при обеспечении государственными (муниципальными) услугами поддержки дорожных сетей в рабочем состоянии с выделением соответствующего финансирования;

2) обеспечить устойчивую работу скоростного интернета во всех населенных пунктах;

3) активизировать создание дистанционных рабочих мест с преимущественным их предоставлением жителям наиболее удаленных территорий, организовав соответствующее обучение (в том числе за счет введения в учебные программы профессиональной подготовки новых учебных курсов);

4) не допускать принятия в градостроительных планах увеличения жилой застройки без учета возможного обеспечения занятости в пределах транспортной доступности;

5) для обеспечения пространственной концентрации экономической активности в развитии регионов отдавать предпочтения специализации по сравнению с диверсификацией, так как это дает больший рост ВРП;

6) для сдерживания межрегиональной миграции осуществлять дополнительную поддержку населения на отстающих территориях;

7) создавать точки экономического роста вместо равномерного распределения инвестиций по регионам, так как их кумулятивный эффект позволяет улучшать социально-экономические показатели и смежных территорий; применять различные особые режимы предпринимательской деятельности (территории опережающего развития, агломерационные центры, наукограды, инновационные территориальные кластеры, ОЭЗ промышленно-производственного, технико-внедренческого, портового типов), причем размещать их, прежде всего, в наиболее устойчивой части расселения региона — крупных городах и крупных сельских поселениях.

За счет технологических изменений территориального пространства будет обеспечено:

1) повышение качества жизни граждан и рост социальной стабильности общества;

2) стабилизация численности населения и появление дальнейших возможностей роста качества производственных ресурсов;

3) территориальное выравнивание качества рабочих мест;

4) стабилизация пространственной целостности России;

5) диффузия нововведений.

Ключевыми рисками, которые могут препятствовать технологическому изменению организации территориального пространства, являются:

1) недостаточность финансовых ресурсов для решения предложенных задач;

2) отсутствие технологических возможностей для решения предложенных задач;

3) недостаточная заинтересованность граждан в удаленной работе;

4) недостаточная заинтересованность органов регионального управления в переформатировании пространственного развития.

Если не использовать предложенный подход, то придется реализовывать альтернативный вариант: осуществлять развитие территорий без учета сло-

жившейся специфики расселения. Основное отличие по сравнению с предложенным вариантом состоит в формировании точек роста без учета позиции гражданского общества, а также использовании сложившихся трендов управления, финансирования и использования технологических возможностей. Это может привести к сохранению напряженности на рынке труда и продолжению наращивания миграционных процессов.

В целом разработка «Стратегии пространственного развития», порядок осуществления мониторинга и контроля ее реализации, опирающейся на изменение институциональных, организационно-правовых и технологических основ организации территориального и пространственного развития, создаст возможности по преодолению негативных тенденций пространственного развития. Предложенная модель обеспечивает формирование точек экономического роста, основанных на эффекте масштаба производства и повышения даже на основании этого конкурентоспособности производимых товаров путем предоставления государством сервисных услуг по формированию инфраструктурных и институциональных преобразований форм организации пространственного развития, что за счет перехода на траекторию современного инвестиционно-градостроительного тренда позволит повысить качество жизни и обеспечить устойчивое развитие территорий России.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фролов Д. П. Имеют ли институты значение? // Пространственная экономика. 2015. № 1. С. 14—37. DOI: <http://dx.doi.org/10.14530/se.2015.1.014-037>
2. Perroux F. The Domination Effect and Modern Economic Theory // Power in Economics / ed. by K. Rothschild. Harmondworth, Penguin books, 1971. P. 56—73.
3. Boudeville J.-R. Problems of Regional Economic Planning. Edinburgh, 1966. 192 p.
4. Lasuen J. On growth poles // Urban Studies. June, 1969. P. 2.
5. Hirshman A. O. The Strategy of Economic Development. New Haven: Yale University Press, 1961.
6. Pottier P. Axes de communication et developpement economique // Revue Economique. 1963. № 1. P. 12—58.
7. Giesch H. Aspects of Growth Structural Change and Employment — A. Schumpeterian Perspective // Weltwirtschaftliches Archiv. 1979. Band 115. Heft. 4.
8. Fredann J. Urbanization Planning and National Development. Beverly Hills, London, 1973.
9. Harris G. D. The market as a factor in the localization of production // Annals of the Association of American Geographers, 1954.

© Гурова Е. В., Иванова Т. Б., Калашникова Ю. С., Курамшин Р. Х., Вишневский В. С., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

К разработке стратегии пространственного развития: моделирование контуров перехода к современному инвестиционно-градостроительному тренду / Е. В. Гурова, Т. Б. Иванова, Ю. С. Калашникова, Р. Х. Курамшин, В. С. Вишневский // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 427—444.

Об авторах:

**Гурова Елена Владимировна** — канд техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет. Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, eun.cafedra@yandex.ru

**Иванова Татьяна Борисовна** — д-р экон. наук, профессор кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет. Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Калашникова Юлия Сергеевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет. Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [ikalashnikova.vgasu@gmail.com](mailto:ikalashnikova.vgasu@gmail.com)

**Курамшин Ренат Хосяинович** — канд. техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет. Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [kuramrenat@mail.ru](mailto:kuramrenat@mail.ru)

**Вишневский Владимир Сергеевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры экономики и финансов, Волгоградский институт управления — филиал РАНХиГС. Российская Федерация, 400131, Волгоград, ул. Гагарина, 8.

**E. V. Gurova, T. B. Ivanova, Yu. S. Kalashnikova, R. Kh. Kuramshin, V. S. Vishnevskii**

#### **TOWARDS THE SPATIAL DEVELOPMENT STRATEGY: MODELLING OF CONTOUR OF TRANSITION TO MODERN INVESTMENT AND TOWN PLANNING TREND**

Nowadays, the system of strategic planning is being developed in Russia. One of the elements of this system is the spatial development strategy. The review of existing challenges, barriers and drivers of territorial development of federal districts of the RF is done. Offers on the spatial development strategy based on the modeling of contours of transition to modern investment and town planning trend are formulated.

**Key words:** spatial development strategy, federal districts, barriers, challenges, drivers of territorial development.

#### **REFERENCES**

1. Frolov D. P. [Do Institutions Matter in Spatial Economics?]. *Prostranstvennaya ekonomika* [Spatial Economics], 2015, no. 1, pp. 14—37. DOI: <http://dx.doi.org/10.14530/se.2015.1.014-037>
2. Perroux F. The Domination Effect and Modern Economic Theory. Rothschild K. (ed.). *Power in Economics*. Harmondworth, Pengu books, 1971. Pp. 56—73.
3. Boudeville J.-R. Problems of Regional Economic Planning. Edinburgh, 1966. 192 p.
4. Lasuen J. On growth poles. *Urban Studies*. June, 1969. P. 2.
5. Hirshman A. O. *The Strategy of Economic Development*. New Haven, Yale University Press, 1961.
6. Pottier P. Axes de communication et developpement economique. *Revue Economique*, 1963, no. 1, pp. 12—58.
7. Giesch H. Aspects of Growth Structural Change and Employment — A. Schumpeterian Perspective. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 1979, Band 115, Hen. 4.
8. Fredann J. *Urbanization Planning and National Development*. Beverly Hills, London, 1973.
9. Harris G. D. The market as a factor in the localization of production. *Annals of the Association of American Geographers*, 1954.

*For citation:*

Gurova E. V., Ivanova T. B., Kalashnikova Yu. S., Kuramshin R. Kh., Vishnevskii V. S. [Towards the spatial development strategy: modelling of contour of transition to modern investment and town planning trend]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 427—444.

*About authors:*

**Gurova Elena Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [eun.cafedra@yandex.ru](mailto:eun.cafedra@yandex.ru)

**Ivanova Tat'yana Borisovna** — Doctor of Economic Sciences, Professor of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Kalashnikova Yuliya Sergeevna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ikalashnikova.vgasu@gmail.com](mailto:ikalashnikova.vgasu@gmail.com)

**Kuramshin Renat Hosyainovich** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Management of Real Estate Department, Volgograd State Technical University. 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [kuramrenat@mail.ru](mailto:kuramrenat@mail.ru).

**Vishnevskii Vladimir Sergeevich** — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Economics and Finances Department, Volgograd Institute of Management — branch of the RANEPa. 8, Gagarin St., Volgograd, 400131, Russian Federation



УДК 711.533.625.4(1-21)

**Е. Н. Гусева**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО И АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМИРОВАНИЯ НАБЕРЕЖНЫХ В СТРУКТУРЕ РЕЧНЫХ ГОРОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

В статье рассматриваются результаты научного исследования по выявлению проблем градостроительного и архитектурного формирования набережных в структуре крупных речных городов и пути их решения. Научное исследование выполнено по ряду последовательных этапов, определенных автором. В ходе исследования была раскрыта зависимость формирования застройки прибрежных территорий и набережных речных городов от их задач, функционального использования и размещения в структуре города.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** формирование набережных, архитектура набережных, прибрежные территории, структура речного города.

Целью статьи является выявление проблем и дальнейшего их решения градостроительного и архитектурного формирования набережных в структуре крупных речных городов Российской Федерации. Для достижения этой цели автором было проведено научное исследование зависимости формирования застройки прибрежных территорий и набережных речных городов от их использования и размещения в структуре города.

Процесс научного исследования рассматривается по следующим этапам: Изучается последовательность исторического формирования набережных в зависимости от географических и природно-климатических условий, в которых находится город. Исследуется зависимость градостроительного и архитектурного формирования набережных от их роли и использования в структуре города, а также от масштаба застройки города на примере архитектуры зданий и сооружений прибрежной территории. Выявляется архитектурное решение прибрежных зон с различными планировочными и архитектурно-пространственными структурами. Выявляется правильный подход к архитектурно-планировочному и объемно-пространственному комплексу застройки набережных в структуре речных городов.

В ходе исследования выявляются общие решения проблем градостроительного и архитектурного формирования набережных в речных городах Российской Федерации.

Этапы градостроительного и архитектурного формирования застройки прибрежных территорий и набережных речных городов можно наблюдать с возникновением самого города. Строительство города в непосредственной близости от водоема связано с развитием торговых водных путей, освоением прибрежных территорий, с рациональным и эффективным использованием береговых линий, с проектированием защитных сооружений от наводнений, а также с эмоциональным воздействием на горожан и гостей города.

Исторически сложилось, что при проектировании набережных особое внимание уделялось грациозным архитектурным сооружениям, например крепостям, дворцам, храмам, которые в дальнейшем стали главными символами многих крупных городов [1]. В Москве это такие сооружения, как

Кремль или храм Христа Спасителя, которые, в свою очередь, являются неотъемлемыми символами города.

Большое значение для речного города также имеют архитектура и силуэт застройки набережных, особенно таких, застройка которых организует большие открытые пространства — панорамы. Характерный, индивидуальный облик застройки прибрежных территорий всегда оказывает сильное эмоциональное воздействие. Такие открытые пространства можно наблюдать на набережной Хабаровска, особенно во время полноводья Амура. Помимо этого, всемирно известные панорамы города можно увидеть и в Москве, это панорама Котельнической и Фрунзенской набережных, Воробьевых гор и другие, которые во многом определяют ее неповторимый архитектурно-художественный образ [2, 3].

Застройка и освоение прибрежной зоны в большой степени зависит также от географических и природно-климатических условий, в которых находится город. Правильное освоение прибрежных территорий рек и различных водоемов улучшает природно-климатические условия городской среды. Сами реки и их прибрежные территории представляют собой пути, по которым в город поступает свежий воздух. Поэтому на набережных, у воды, часто организуется отдых горожан. В Самаре мы можем наблюдать самые длинные и оборудованные пляжи для отдыха как горожан, так и гостей города. Здесь же проводятся массовые праздничные мероприятия.

При этом набережные могут использоваться и для организации прогулочных бульваров, прибрежных парков и скверов, зон для спорта и развлечений, как, например, набережная Хабаровска. В центральной части городов, выходящих к реке, водным бассейнам и акваториям, образуются участки прибрежных территорий и набережные общественного назначения. В центре Волгограда, к примеру, расположена Аллея Героев. Водные пространства в городе создают ощущение простора, и использование этого качества составляет основную, главную задачу градостроительной и архитектурной композиции при формировании застройки прибрежных территорий и набережных.

Правильная застройка набережных, их благоустройство и озеленение приобретают важное социальное значение, поскольку связаны с охраной природы, с экологией города. Из-за нерациональной застройки прибрежных зон речной акватории значительно ухудшается естественное проветривание города вдоль русел рек, что неблагоприятно сказывается на общей экологической обстановке в городах в целом. Поэтому при проектировании и формировании застройки прибрежных зон рек следует уделять особое внимание указанным характерным географическим и природно-климатическим особенностям того или иного региона [4].

На этом этапе научного исследования, помимо проблемы нерациональной застройки прибрежной территории, выявляется еще одна проблема, связанная с развитием прибрежных территорий и набережных речных городов. Это проблема размещения промышленных объектов в непосредственной близости от водоема, что связано с загрязнением проточной речной воды. Например, такие города, как Саратов и Волгоград, являются крупнейшими промышленными центрами. Поэтому в данных городах остро стоит проблема загрязнения проточной речной воды и береговых территорий, на которых размещены промышленные объекты.

Они фактически отторгают наиболее ценные природные территории от жилой застройки и исключают возможность использования береговых пространств жителями города. Помимо этого, многолетнее использование прибрежных территорий рек для размещения различных производств и предприятий оказывает особенно сильное негативное воздействие на экологию рек, губительное для речной флоры и фауны.

В решении данной проблемы поможет реализация мероприятий по охране и очистке речных вод от загрязнения. В дальнейшем благоустройство и строительство новых водоемов на территории речных городов преобразит гидрографию водного бассейна многих рек и обогатит ее ландшафт. Это, в свою очередь, в значительной мере будет способствовать оздоровлению окружающей среды для комфортной жизнедеятельности населения речных городов [4].

В то же время городские набережные представляют собой сложные архитектурные и гидротехнические сооружения, включающие в свой состав различные естественные и искусственные части и элементы, необходимые для их правильного использования и безопасной эксплуатации. Прежде всего это гидротехнические сооружения: съезды и спуски к воде, различные мосты и переправы, стрелки водоотводных каналов и сами каналы, причалы, шлюзы, водосбросы, ливнестоки и т. п. Такие гидротехнические сооружения можно увидеть на набережных Санкт-Петербурга и Астрахани [5].

Наряду с окружающей жилой и общественной застройкой города в структуру прибрежных зон и набережных входят также береговые склоны, террасы, укрепленные откосы и подпорные стенки, элементы благоустройства и озеленения [6]. Прибрежные территории и набережные подразделяют на одно-, двух- и многоярусные, с вертикальным, наклонным или смешанным очертанием профиля берега. К примеру, на Саратовской набережной просматриваются четыре яруса набережной, верхний из которых граничит с линией застройки. Следующие три террасы — это прогулочные аллеи.

Помимо всего прочего, набережные играют роль транспортных коммуникаций и причалов пассажирского и грузового водного транспорта. Здесь располагают большие и малые архитектурные объекты (речные вокзалы, грузовые порты, пристани, затоны с отстойниками плавающих средств, водные стадионы, лодочные станции, трибуны, беседки, пляжные постройки, другие капитальные здания и временные постройки) [7]. Речные вокзалы, затоны с отстойниками плавающих средств, лодочные станции и другие сооружения можно увидеть во многих речных городах. Например, в таких городах, как Волгоград, Саратов, Ульяновск, данным объектам уделяется большое значение.

И здесь возникает следующая проблема речных городов, которой является многолетняя захламленность прибрежных территорий ветхими и малоценными строениями и зданиями, в основном промышленного и складского характера. Застройка таких мест отличается хаотичностью форм промышленного характера [8]. В Астрахани береговая инфраструктура реки Волги кое-где в центре, а по большей части на периферии города пребывает в заброшенном состоянии. Только в последнее десятилетие просматривается поэтапная реконструкция отдельных частей городской набережной, с которой теперь открываются живописные виды панорамы русла реки.

Целостность градостроительного и архитектурного решения на отдельных видимых участках прибрежной территории и набережной — между поворотами русла реки или акватории, между мостовыми сооружениями т. д. — достигается взаимосвязью различных объектов в застройке и силуэтной композицией последней. Наиболее выгодное в градостроительном и архитектурном отношении — вогнутое очертание повышенного берега, позволяющее обеспечить выигрышное визуальное восприятие раскрывающихся перед зрителем видов и панорам городской застройки прибрежных территорий и набережных [9]. Такое необычное очертание береговой линии можно наблюдать на набережных в Пензе и Хабаровске. А набережные в таких городах, как Нижний Новгород и Астрахань, расположены между поворотами русла Волги, где открываются прекрасные художественные пейзажи, которые оказывают сильное эмоциональное воздействие на зрителя.

Архитектурное решение прибрежной зоны прежде всего зависит от структуры той или иной водной акватории. Часто различные водные пространства имеют в своем составе острова, затоны, заливы, каналы и т. п., создающие неповторимый рисунок береговой полосы [1].

Набережная является городской планировочной и архитектурно-пространственной структурой, и если ее застройка вытянута фронтально вдоль протяженного берега реки, то она, независимо от качества застройки и благоустройства, будет представлять собой довольно скучную для восприятия картину. Так, в Санкт-Петербурге набережная реки Екатерингофки на Гутуевском острове представляет собой монотонную узкую береговую полосу вдоль объездной автомагистрали.

И здесь возникает еще одна, не менее важная проблема речных городов, имеющих сильно протяженные береговые линии. Это проблема активного использования набережных рек как объездных или сквозных автомагистралей с интенсивным движением, которое пагубно сказывается на экологии речных городов. При этом очень большая загазованность перекрывает доступ свежего воздуха в город вдоль русла рек, что препятствует его проветриванию [10]. Впоследствии этот фактор приведет к изменению природно-климатических условий городской среды в целом.

Здесь же наблюдается полная ликвидация безопасного, удобного и комфортного пешеходного движения, невозможность организации пеших прогулок для горожан и гостей речных городов. В качестве примера можно рассмотреть все ту же набережную реки Екатерингофки в Санкт-Петербурге и некоторые набережные в Москве. Городские жители и гости городов могут лишиться одной из самых интересных и красивых достопримечательностей речного города, в том числе и в Волгограде.

Тем не менее большинство российских набережных разноплановы, с формированием индивидуальных силуэтов. Архитектура зданий и сооружений, расположенных на прибрежной территории, зависит от масштаба застройки города, а также от характерных параметров водоема, на берегу которого она создается [11]. Рядом с открытым пространством большой акватории иногда бывает трудно добиться единого ансамбля в архитектурной планировке. Тем не менее в Волгограде набережная сомасштабна. Набережные в крупном и небольшом городе не могут быть решены одинаково. Застройка крупного города значительно менее связана с рекой, чем застройка

малого города, где влияние реки гораздо более весомо. Однако для крупных городов Нижнего Поволжья, таких как Саратов, Волгоград, Астрахань, река является градостроительной доминантной [3].

Исходя из обоснованных данных, выделяется зависимость градостроительного и архитектурного формирования береговых территорий в структуре речных городов от их задач и функциональности [12]. Таковую зависимость можно проследить на рис. 1.

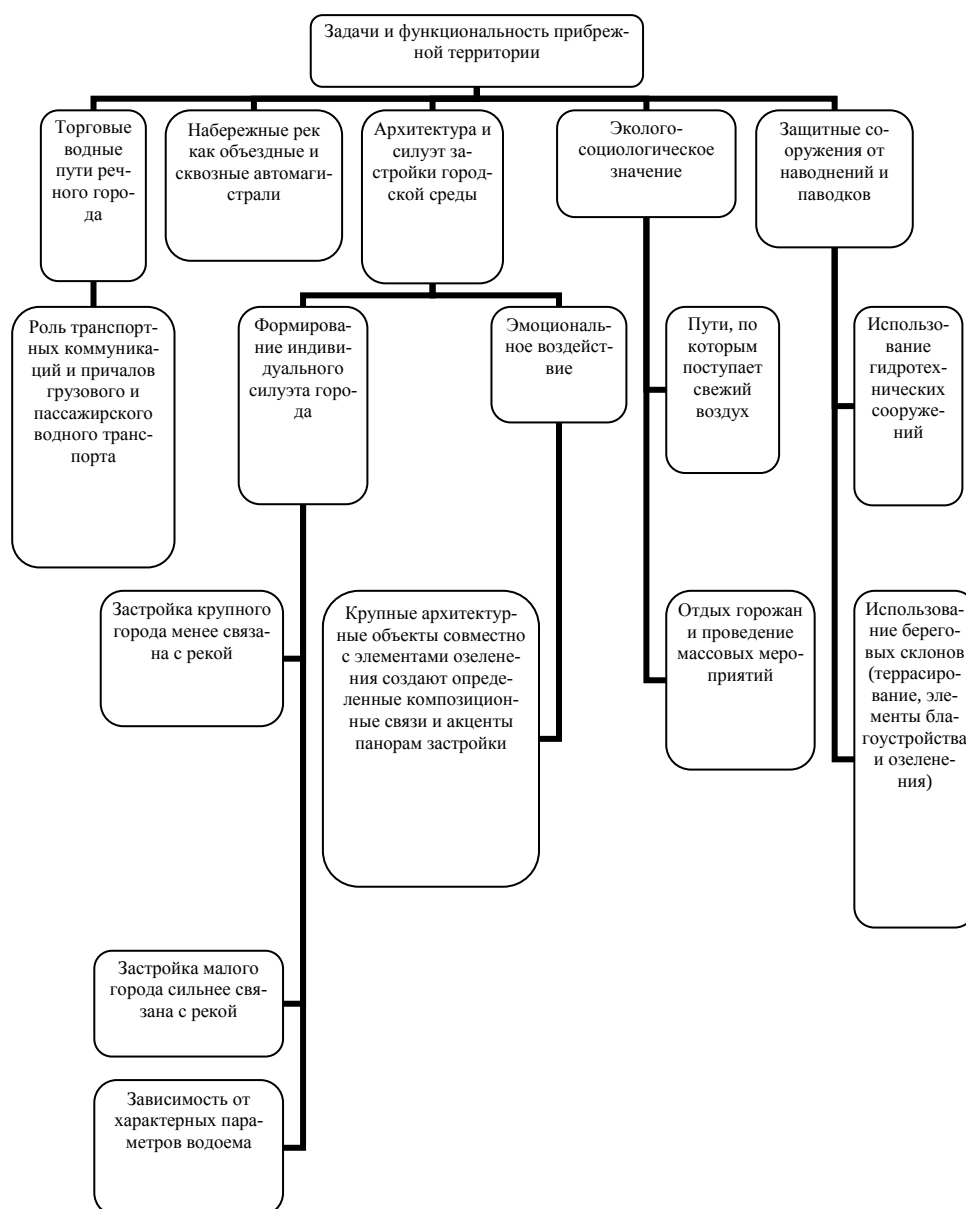


Рис. 1. Диаграмма зависимости градостроительного и архитектурного формирования береговых территорий в структуре речных городов от их задач и функциональности

Диаграмма зависимости градостроительного и архитектурного формирования береговых территорий в структуре речных городов от их задач и функциональности показала следующие результаты: прибрежные территории речных городов на разных исторических этапах выполняют определенные задачи и функции.

Прежде всего реки и прибрежные территории представляют собой торговые водные пути речного города, следовательно, они выполняют роль коммуникаций и причалов грузового и пассажирского водного транспорта. Затем набережные рек используются как объездные и сквозные автомагистрали. Отдельно следует отметить, что от благоустройства прибрежных территорий зависит архитектура и силуэт застройки городской среды в целом. В зависимости от характерных параметров водоема и самого речного города формируется индивидуальный силуэт города. Размещенные на набережных речных городов крупные архитектурные объекты с элементами озеленения способны создавать определенные композиционные связи и акценты панорам застройки береговых территорий, что, в свою очередь, оказывает эмоциональное воздействие на зрителя.

Помимо этого, береговые территории имеют сильное эколого-социологическое значение, так как представляют собой пути, по которым в город поступает свежий воздух. Также они являются местом отдыха горожан и проведения массовых мероприятий. С другой стороны, береговые территории выполняют функцию защитных сооружений от наводнений и паводков. При формировании набережных особую роль выделяют использованию и строительству гидротехнических сооружений, таких как водоотводные каналы, водосбросы и др. Особенно следует сказать о функциональном использовании береговых склонов рек. При строительстве набережных выполняют террасирование склонов с применением элементов благоустройства и озеленения. Согласно задачам и функциональности прибрежных территорий на разных этапах градостроительного и архитектурного формирования и использования береговых территорий в структуре речных городов возникают различные проблемы речных городов, которые можно увидеть на рис. 2.

Диаграмма на рис. 2 показывает, что можно выделить несколько проблем, являющихся общими для всех речных городов, представляющих собой угрозу для дальнейшего градостроительного и архитектурного формирования и использования береговых территорий в структуре речных городов, которые следует решать на этапах реконструкции прибрежной территории того или иного города.

Прежде всего выделяется проблема нерациональной застройки прибрежных зон, что ведет к ухудшению естественного проветривания города и изменению природно-климатических условий городской среды. Затем на береговых территориях многих речных городов выделяется проблема размещения промышленных объектов, которые отторгают наиболее ценные природные территории от жилой застройки и чьи выбросы загрязняют проточные речные воды, что ведет за собой разрушение экологического каркаса городской среды в целом. Отдельной проблемой речных городов выступает захламленность береговых территорий [13].

Согласно полученным исследованиям использования береговых территорий разных речных городов еще одна проблема заключается в активном

использовании набережных рек как автомагистралей. Набережные в подобных городах представляют собой монотонную, узкую, скучную береговую полосу и характеризуются ликвидацией безопасного, удобного и комфортного пешеходного движения.

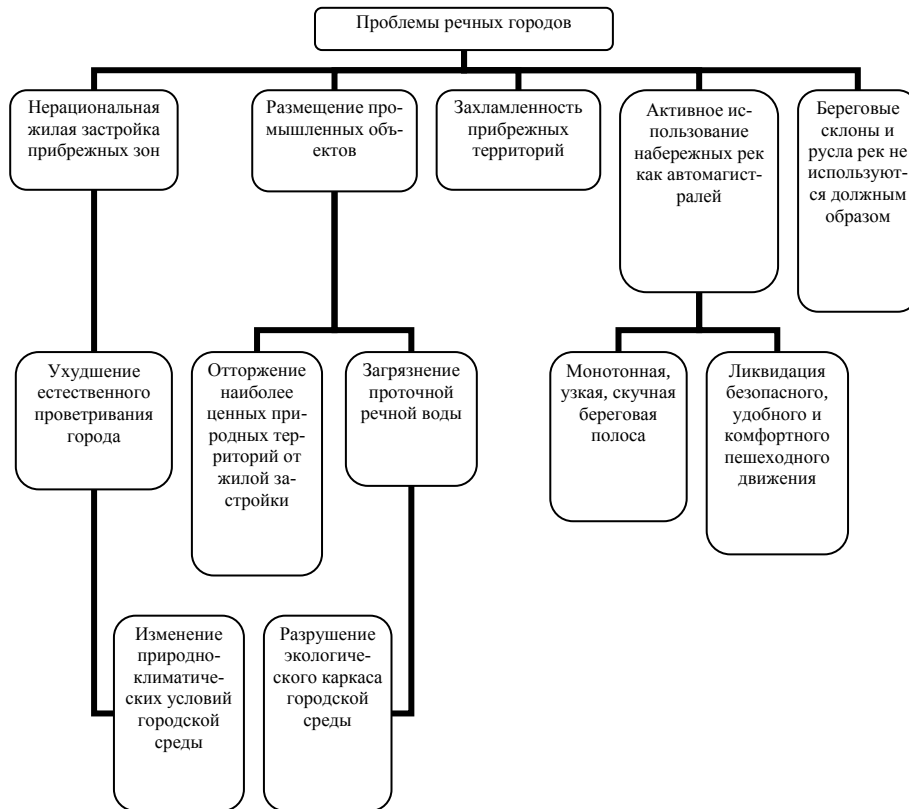


Рис. 2. Диаграмма проблем речных городов, возникающих на разных этапах градостроительного и архитектурного формирования и использования береговых территорий в структуре городов

В ходе исследования выявлена еще одна проблема, которая заключается в том, что береговые склоны и русла рек во многих речных городах, представляющие собой уникальные географические и природные особенности того или иного региона, не используются должным образом [4].

Следовательно, при проектировании и формировании застройки прибрежных зон, набережных рек и акваторий указанным характерным географическим и природно-климатическим особенностям следует уделять особое и пристальное внимание. Существует множество современных подходов и методов преобразования и оздоровления городской среды прибрежных территорий, многие из которых уже давно и весьма успешно опробованы и «работают» в целом ряде крупных городов многих развитых европейских стран [6, 14]. На примере Москвы можно наблюдать, что на набережных осуществляется должный уход за парковым озеленением склонов высоких и холмистых берегов, что, в свою очередь, создает интересные, живописные уголки и фрагменты особо привлекательной городской застройки.

По итогам исследования следует отметить, что архитектурно-планировочный и объемно-пространственный комплекс застройки конкретной прибрежной зоны или набережной совсем не обязательно должен содержать весь набор перечисленных выше объектов благоустройства и сооружений, так как данные объекты и их элементы сами могут быть очень разнообразными по размерам и внешнему облику [15].

При этом крупные архитектурные объекты, ансамбли общественных и жилых зданий, многофункциональных комплексов, а также различные малые архитектурные формы, размещенные вдоль береговой линии, способны создавать вместе с элементами озеленения определенные визуальные и живописные композиционные связи и акценты панорам застройки береговой линии, избегая и не допуская при этом ее монотонности и однообразия [4]. Такими акцентами в Волгограде является Панорама Сталинградской битвы, а в Самаре стела «Ладья». В обоих городах каждая из достопримечательностей представляет собой символ города.

Помимо этого, реки являются важнейшими природными компонентами, непосредственно и художественно воздействующими на всю ландшафтно-планировочную городскую структуру [3]. Тем самым большинство российских набережных в зависимости от характерных параметров водоема и масштаба застройки города формируют индивидуальные силуэты городской среды.

На примере набережных городов Нижнего Поволжья, таких как Саратов, Волгоград и Астрахань, проведено научное исследование состояния основных характеристик благоустройства и озеленения в данных городах. Проанализированные данные приведены в табл. (1 — неудовлетворительно, 2 — удовлетворительно, 3 — хорошо).

*Балльные оценки состояния основных характеристик благоустройства и озеленения набережных Нижнего Поволжья*

| Оценки состояния характеристик                                                    | Набережная Саратова, балл | Набережная Астрахани, балл | Набережная Волгограда, балл |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Озеленение: породный состав древесных и кустарниковых культур, цветочные культуры | 3                         | 1                          | 2                           |
| Состояние газонного покрытия                                                      | 2                         | 1                          | 2                           |
| Покрытия дорожно-тропиночной сети                                                 | 1                         | 2                          | 1                           |
| <b>Комплексные показатели. Всего:</b>                                             | <b>6</b>                  | <b>4</b>                   | <b>5</b>                    |

Из полученных данных следует, что озеленение прибрежной территории лучшим образом проведено в Саратове, хуже всего представлен породный состав древесных и кустарниковых культур на набережной в Астрахани. Что касается газонного покрытия, то у городской набережной Астрахани все также худшие показатели — это свидетельство жарких климатических условий в данной области. В Волгограде газонное покрытие лучшим образом представ-



лено на территории Центральной набережной, так как именно здесь в недавнем времени были проведены работы по замене газонных покрытий и улучшено поливочное водоснабжение. На набережных в Саратове и Волгограде покрытия дорожно-тропиночной сети имеют неудовлетворительную оценку. Лучшие покрытия дорожно-тропиночной сети на Астраханской набережной, положенные к юбилею города, но и они не получают высшего балла.

Поэтому следует сделать вывод, что наряду с открытым пространством большой акватории рек, где открываются прекрасные художественные пейзажи, оказывающие сильное эмоциональное воздействие на посетителей, градостроительное и архитектурное формирование набережных в архитектурной планировке речных городов очень важно должно представлять собой единый ансамбль совместно с окружающей природной средой [4]. И здесь экологические проблемы являются общими для всех крупных городов России, и города Нижнего Поволжья не исключение, но здесь существуют и другие проблемы, касающиеся береговых территорий [10]. В ближайшее будущее в исследуемых поволжских городах предполагается проведение реконструкции береговых территорий, в ходе которых и следует принять правильное решение по благоустройству данных объектов. И для того чтобы набережным стать поистине комфортным местом отдыха в структуре города, необходимо решить ряд общих экологических, социальных и эстетических проблем, которые в настоящее время являются приоритетными для речных городов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анисимова Т. А., Птичникова Г. А. Влияние реки на формирование архитектурного образа крупного города: опыт России и США // *Americana*. Вып. 9. Американцы на Волге, волжанае в Америке: материалы межрег. науч.-практ. семинара, посвящ. 200-летию установления дипломатических отношений России и США, г. Волгоград, 5—6 окт. 2007 г. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. С. 232—253.
2. Арсеньев Б. В., Раков В. Н. Москва-река. Века и версты. ИЦ «Москвоведение», 2014. 448 с.
3. Птичникова Г. А., Анисимова Т. А. Формирование архитектурного образа города на Великой Реке (на примере приречных городов России и США) // 17-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2015». В 3 т. Т. 1. Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. С. 306—309.
4. Антюфеев А. В. Эколого-градостроительная реконструкция прибрежных территорий крупных городов: проблемы и решения // Сб. науч. тр. X межд. науч. конф. «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды», Будапешт, 15—20 мая 2012 г. Волгоград, 2012. С. 104—119.
5. Высоковский А. А. Городские набережные // *Как*. 2007. № 6. URL.: <http://kak.ru/columns/urbanenvironment/a395/>
6. Неведов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб: Полиграфист, 2002. 295 с.
7. Большаков А. Г. Проектирование городской набережной. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. 120 с.
8. Krasilnikova E. E., Antjufeev A. V. Creation of social and recreational spaces on coastal territories // Strategic decision making on spatial development. Bratislava: ROAD/SPECTRA Centrum Excilencie STU, 2014. Pp. 59—87.
9. Nefedov V. Landscape and Architecture: Interaction for Sustainability // *Landscape Architecture and Art: Proceedings of the Latvia University of Agriculture*. Vol. 1. No. 1. 2012. Pp. 44—47.
10. Антюфеев А. В., Птичникова Г. А., Антюфеева О. А. Эколого-градостроительная реконструкция и джентрификация прибрежных территорий крупных городов: проблемы и решения // Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве и строительстве: экономика и управление: материалы III Международной науч.-технич. конф., Волгоград, 20—25 мая 2016 г. Волгоград: ВолгГАСУ, 2016. С. 145—150.

11. Гуськова Е. В. Роль береговых пространств в формировании городской среды // При-волжский научный журнал. 2008. № 3 (7). С. 80—83.

12. Птичникова Г. А. Экологическая реконструкция нарушенных городских территорий средствами ландшафтной архитектуры (на примере Волгограда) // Ландшафтная архитектура и формирование городской среды: материалы IV науч.-практ. семинара. Н. Новгород: ННГАСУ, 2008. С. 16—19.

13. Антюфеев А. В. Градостроительная реновация депрессивных производственных тер-риторий в крупных индустриальных городах (на примере Волгограда) // Биосферная совмес-тимост: человек, регион, технологии. 2015. № 1. С. 100—105.

14. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: Любавич, 2012. 320 с.

15. Гуськова Е. В. Градостроительный потенциал береговых пространств // Городской ди-зайн и экология: международные перспективы: материалы международной конф. СПб., 2008. С. 15—16.

© Гусева Е. Н., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Гусева Е. Н. Проблемы градостроительного и архитектурного формирования набережных в структу-ре речных городов и пути их решения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 445—455.

Об авторе:

**Гусева Екатерина Николаевна** — аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волго-градский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, vip.katerina.guseva@mail.ru

**E. N. Guseva**

## THE PROBLEMS OF TOWN PLANNING AND ARCHITECTURAL FORMATION OF EMBANKMENTS IN THE STRUCTURE OF RIVER CITIES AND THEIR SOLUTIONS

The article discusses the results of the scientific research on the identification of the problems of urban and architectural formation of embankments in the structure of large river cities and their solu-tions. The scientific research was done on a number of successive stages identified by the author. The study reveals the dependence of the formation of a residential development of coastal areas and em-bankments in river cities on their purposes, functional use and placement within the city structure.

**Key words:** formation of embankments, architecture of embankments, coastal areas, struc-ture of a river city.

### REFERENCES

1. Anisimova T. A., Ptichnikova G. A. [Influence of rivers on the formation of the architectural character of a large city: the experience of Russia and the USA]. *Americana. Vyp. 9. Amerikantsy na Volge, volzhane v Amerike* [Americana. Iss. 9: Americans in the Volga region, natives of the Volga region in America]. Proc. of the trans-regional scientific.-pract. workshop devoted to the 200th anni-versary of the establishment of diplomatic relations between Russia and the United States, Volgograd, 5—6 Oct. 2007. Volgograd: Publishing House of VolSU, 2008. Pp. 232—253.

2. Arsenyev B. V., Rakov V. N. *Moskva-reka. Veka i versty* [The Moscow river. Centuries and miles]. Info Center, 2014. 448 p.

3. Ptichnikova G. A., Anisimova T. A. [The formation of the architectural character of the city on the Velikaya river (by the example of riverside cities in Russia and the USA)]. *17-i Mezhdunarodnyi nauchno-promyshlennyi forum «Velikie reki'2015»*. V 3 t. T. 1 [17th Int. Scientific-Industrial Fo-rum "Great rivers'2015". In 3 v., v. 1]. Nizhny Novgorod, NNSUACE, 2015. Pp. 306—309.

4. Antyufeev A. V. [Ecological and urban planning restoration of the coastal areas in large cit-ies: problems and solutions]. *The quality of indoor air and the environment*, Budapest, 15—20 May, 2012. Pp. 104—119.

5. Vysokovsky A. A. [City quays]. *Kak* [As], 2007, no. 6. URL: <http://kak.ru/columns/urbanenvironment/a395/>
6. Nefedov V. A. *Landshaftnyi dizain i ustoichivost' sredy* [Landscape design and environmental resistance]. Saint Petersburg, Poligrafist, 2002. 295 p.
7. Bol'shakov A. G. *Proektirovanie gorodskoi naberezhnoi* [The design of an embankment of the city]. Irkutsk, Publishing House of IrSTU, 2009. 120 p.
8. Krasilnikova E. E., Antjufeev A. V. Creation of social and recreational spaces on coastal territories. *Strategic decision making on spatial development*. Bratislava, ROAD/SPECTRA Centrum Excilencie STU, 2014. Pp. 59—87.
9. Nefedov V. Landscape and Architecture: Interaction for Sustainability. *Landscape Architecture and Art. Proceedings of the Latvia University of Agriculture*. Vol. 1. No. 1. 2012. Pp. 44—47.
10. Antyufeyev A. V., Ptichnikova G. A., Antyufiev O. A. [Ecological urban reconstruction and gentrification of the coastal territories of cities: problems and solutions]. *Energoeffektivnost', resursosberezhenie i prirodoopol'zovanie v gorodskom khozyaistve i stroitel'stve: ekonomika i upravlenie* [Energy Efficiency, resource conservation and environmental management in municipal economy and construction: Economics and management. Proc. of the III Int. sci. conf., Volgograd, 2016, 20—25 May]. Volgograd, 2016. Pp. 145—150.
11. Guskova E. V. [The role of riverside spaces in formation of the urban environment]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2008, no. 3 (7), pp. 80—83.
12. Ptichnikova G. A. [Ecological restoration of the urban areas disturbed by landscape architecture (by the example of Volgograd)]. *Landshaftnaya arhitektura i formirovanie gorodskoi sredy* [Landscape architecture and the formation of urban environment]. Proc. of the IV sci.-pract. workshop. Nizhny Novgorod, NNSUACE, 2008. Pp. 16—19.
13. Antyufeev A. V. [Urban renovation of depressive post-industrial areas in the industrial city (the case of Volgograd)]. *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biospheric compatibility: human, region, technologies], 2015, no 1, pp. 100—105.
14. Nefedov V. A. *Gorodskoi landshaftnyi dizain* [Urban landscape design]. Saint Petersburg, Lyubavich Publ., 2012. 320 p.
15. Gus'kova E. V. [Town planning potential of coastal territories]. *Gorodskoi dizain i ekologiya* [Urban design and ecology: international prospects]. Proc. of the Int. Conf. Saint Petersburg, 2008. Pp. 15—16.

*For citation:*

Guseva E. N. [The problems of town planning and architectural formation of embankments in the structure of river cities and their solutions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 445—455.

*About author:*

**Guseva Ekaterina Nikolaevna** — Postgraduate student of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [vip.katerina.guseva@mail.ru](mailto:vip.katerina.guseva@mail.ru)

УДК 644(088.24)(470.45)

**П. В. Денисов<sup>а</sup>, С. Ю. Калашников<sup>б</sup>, Е. С. Власьева<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Инспекция государственного жилищного надзора Волгоградской области*

<sup>б</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

### **ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЦЕНЗИОННОЙ КОМИССИИ И ЖИЛИЩНОЙ ИНСПЕКЦИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В 2016 ГОДУ**

Рассмотрены результаты совместной работы лицензионной комиссии и инспекции государственного жилищного надзора Волгоградской области по аннулированию лицензий управляющих компаний.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** лицензионная комиссия, управляющие компании, многоквартирные дома, аннулирование лицензий.

Подводя итоги 2016 года, отметим, что комиссией проведено 8 квалификационных экзаменов, в ходе которых проверены знания 112 претендентов, из них 99 участников признаны сдавшими квалификационный экзамен успешно, 13 претендентов 12 % не смогли справиться с заданиями. Эти цифры отражают снижение более чем в 5 раз потока желающих заниматься предпринимательской деятельностью в сфере управления многоквартирными домами и свидетельствуют о достаточном наполнении кадрового потенциала в этом секторе ЖКХ. В самом деле, в 2015 г. было 608 экзаменуемых, а не сдавших — 15 %. [1].

Напомним, что только положительный результат тестирования дает право на получение квалификационного аттестата.

Помимо проверки знаний должностных лиц управляющих компаний лицензионной комиссией проведено 9 заседаний (в 3 раза меньше, чем в предыдущем году), на которых были приняты решения о предоставлении лицензий на осуществление деятельности 43 новым организациям. В 2015 г. было выдано 217 лицензий, из которых 65 % получили действующие УК [2]. Организаций, обратившихся за лицензиями впервые, в отчетном году было в 2 раза меньше, чем в предыдущем (было 88). Следует отметить, что появление на рынке новых организаций мы рассматриваем как положительное явление, так как это способствует повышению конкуренции.

Знаменательным прошедший год стал в связи с тем, что впервые в России именно в Волгоградской области были приняты решения о подаче в суд исков об аннулировании лицензий. Это стало возможным благодаря твердости позиций и настойчивости в защите интересов граждан инспекции государственного жилищного надзора. В результате слаженной работы надзорных органов в жилищной сфере и лицензионной комиссии управляющие компании вынуждены наладить конструктивный диалог с собственником помещений и принимать решения, отвечающие интересам реальных людей. За год было рассмотрено 2 представления инспекции государственного жилищного надзора о необходимости подачи исков в суд в отношении организаций: ООО «ПалласСтройДом» (г. Палласовка) и ООО «МДМ-КомСервис» (г. Волгоград).

Еще в августе — сентябре 2015 г. инспекцией по поручению Правительства РФ (пункт 2 протокола заседания Правительства Российской Федерации от 21.05.2015 № 19), в ходе селекторного совещания в режиме видеоконференции по вопросу «О ходе подготовки предприятий жилищного хозяйства и энергетики субъектов Российской Федерации к осенне-зимнему периоду 2015—2016 годов» под председательством заместителя министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Главного государственного жилищного инспектора А. В. Чибиса (п. 2, 5.1, 5.2, 8.1) в рамках контроля за выполнением мероприятий по подготовке к осенне-зимнему периоду 2015—2016 годов были вскрыты факты неисполнения управляющей организацией ООО «ПалласСтройДом» требований к надлежащему содержанию и ремонту общего имущества в 5 (пяти) многоквартирных домах, расположенных по адресам: г. Палласовка, ул. Мира 4, 5, 8, 16. Выявлены такие нарушения, как неустранение в отмостке дома просадок, щелей, трещин, неустранение дефектов кровельного покрытия крыш домов, неустранение повреждений и нарушение целостности остекления оконных заполнений в подъездах и др.

Управляющей организации ООО «ПалласСтройДом» были выданы предписания об устранении нарушений лицензионных требований с указанием привести общее имущество домов в надлежащее состояние. Впоследствии, 25 декабря 2015 г., при внеплановой проверке было выявлено неисполнение предписаний и выданы повторные. Однако и они не были организацией выполнены.

Помимо нарушений, управляющая организация имеет немало нареканий со стороны жителей на качество услуг, которое предоставляет лицензиат, в основном касающихся вопросов содержания общего имущества в доме. Весной 2016 г. лицензиату были назначены административные наказания в виде штрафов. Это послужило основанием для исключения сведений из реестра лицензий Волгоградской области о 5 домах (из 40, находящихся в управлении), что составило 19,73 % по отношению к жилому фонду, находившемуся в управлении лицензиата в 2015 г.

Решение об аннулировании лицензии вынесено арбитражным судом Волгоградской области 7 ноября 2016 г.

Другой УК — «МДМ-КомСервис» — в 2016 г. было неоднократно судебными органами назначено административное наказание за неисполнение предписаний органа государственного жилищного надзора в отношении многоквартирных домов, расположенных по различным адресам. Это послужило основанием к исключению инспекцией государственного жилищного надзора Волгоградской области из Реестра лицензий сведений об управлении этими многоквартирными домами.

Площадь исключенных из реестра многоквартирных домов составила 35,67 % от общей площади помещений в многоквартирных домах, деятельность по управлению которыми осуществлял лицензиат в течении 2015 г.

В силу части 2 статьи 199 Жилищного кодекса РФ основанием для рассмотрения лицензионной комиссией вопроса об обращении в суд с заявлением об аннулировании лицензии является исключение из реестра лицензий субъекта Российской Федерации по основаниям, указанным в части 5 статьи 198 настоящего кодекса, сведений о многоквартирных домах, общая площадь поме-

щений в которых составляет пятнадцать и более процентов от общей площади помещений в многоквартирных домах, деятельность по управлению которыми осуществлял лицензиат в течение календарного года, предшествующего дате принятия лицензионной комиссией решения об обращении в суд.

С учетом изложенного Лицензионной комиссией Волгоградской области был рассмотрен вопрос о подаче иска об аннулировании лицензии, предоставленной в августе 2015 г. для осуществления предпринимательской деятельности, и в сентябре 2016 г. комиссией принято решение об обращении в суд. Во исполнение решения Лицензионной комиссии Инспекция обратилась в арбитражный суд Волгоградской области.

Установленный государством порядок принятия решения об аннулировании лицензии на осуществление деятельности по управлению многоквартирными домами не требует дополнительной оценки существенности допущенных лицензиатом нарушений, а также степени его вины, поскольку ранее этому оценка дана судом на стадии привлечения лицензиата к административной ответственности за неисполнение предписаний. Вступление в законную силу постановления о назначении лицензиату административного наказания, предусмотренного частью 24 статьи 19.5 КоАП РФ, само по себе является обстоятельством, указывающим на существенность допущенного лицензиатом нарушения и на наличие в этом его вины.

Дополнительно жилищным законодательством установлен 15%-й порог исключения сведений о многоквартирных домах из Реестра лицензий, достижение которого является достаточным основанием для аннулирования лицензии.

Вместе с тем Лицензионная комиссия, принимая решение об обращении в суд с заявлением об аннулировании лицензии, также исходила из того, что применение к лицензиату такой исключительной меры, как аннулирование лицензии, вызвано необходимостью защиты прав и законных интересов собственников помещений многоквартирных домов, то есть лиц, в интересах которых осуществляется управление многоквартирным домом (как состоявшимся, так и потенциальным), а также сохранности жилищного фонда независимо от формы собственности, обеспечиваемой государством и непосредственно затрагивающей интерес последнего.

Допущенные УК нарушения носят существенный характер и свидетельствуют о явно пренебрежительном отношении лицензиата к исполнению лежащих на нем обязанностей по надлежащему управлению многоквартирными домами, поскольку УК не только игнорирует выданные ей предписания об устранении уже ранее допущенных нарушений, но и допускает их неоднократно.

Оценка существенности допущенных лицензиатом нарушений, а также степень его вины дана судом при назначении административных наказаний.

Решая вопрос о возможности аннулирования лицензии, следует отметить, что в 2016 г. лицензиат 12 раз привлекался к административной ответственности за неисполнение предписаний об устранении нарушений лицензионных требований по части 24 статьи 19.5 КоАП РФ.

После очередного нарушения лицензионных требований и неисполнения предписаний из реестра лицензий Волгоградской области были исключены сведения об управлении еще 2 домами. Таким образом, из реестра лицензий Волгоградской области исключены сведения об управлении домами, суммар-

ная площадь которых по отношению к площади домов, находившихся в управлении УК в 2015 г., составила уже 56,37 %.

Вышеописанные обстоятельства в совокупности указывают на то, что УК систематически не исполняет требования жилищного законодательства РФ, допуская нарушение лицензионных требований, а также прав и законных интересов собственников помещений. Кроме того, действия (бездействия) УК посягают на интересы Российской Федерации по обеспечению защиты прав и законных интересов граждан, приобретающих жилые помещения и пользующихся ими на законных основаниях, потребителей коммунальных услуг, а также услуг по обслуживанию жилищного фонда.

8 декабря арбитражный суд Волгоградской области вынес решение об аннулировании лицензии общества с ограниченной ответственностью «МДМ-КомСервис».

Таким образом, с момента обнаружения нарушений до вынесения судом решения об аннулировании лицензии проходит более года. Затраченный временной период обусловлен течением нормативных сроков, которые предусмотрены законодательством (срок исполнения предписаний, срок рассмотрения дел об административных правонарушениях и вступления их в законную силу, срок для принятия собственниками решения о продолжении управления домом лицензиатом, срок рассмотрения дела в суде). Но вместе с тем, несмотря на относительную длительность процедуры лишения лицензии, она является единственно возможной мерой, позволяющей в прямом смысле слова убрать недобросовестную управляющую компанию с рынка, тем самым оградив потребителей, в том числе потенциальных, от ее некачественных услуг. Такая компания последующие три года не сможет повторно получить лицензию ни в одном из регионов Российской Федерации. Не сможет получить лицензию и любая другая вновь созданная УК, где руководителем будет числиться тот же директор.

Многоквартирные дома, на управление которыми у жителей заключены с этой организацией договоры, останутся в ее зоне ответственности, но параллельно органы местного самоуправления начнут процедуры по замене этой УК на новую или вовсе по смене способа управления. В результате реализации местными администрациями таких полномочий управляющая компания реально отстраняется от управления домами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калашиников С. Ю., Калашикова Ю. С. Опыт проведения квалификационных экзаменов физических лиц на получение квалификационного аттестата для осуществления деятельности управляющих компаний в ЖКХ // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 2. С. 214—217.
2. Калашиников С. Ю. О лицензировании предпринимательской деятельности по управлению многоквартирными домами на территории Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 2. С. 210—213.

© Денисов П. В., Калашиников С. Ю., Власьева Е. С., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

*Ссылка для цитирования:*

Денисов П. В., Калашников С. Ю., Власьева Е. С. Об эффективности деятельности лицензионной комиссии и жилищной инспекции Волгоградской области в 2016 году // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 456—460.

*Об авторах:*

**Денисов Павел Валерьевич** — начальник отдела лицензирования и надзора за управлением многоквартирными домами Инспекции государственного жилищного надзора Волгоградской области. Российская Федерация, 400066, Волгоград, ул. Новороссийская, 5

**Калашников Сергей Юрьевич** — д-р техн. наук, профессор, действительный член Международной академии наук высшей школы, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Власьева Екатерина Сергеевна** — магистрант кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет. Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**P. V. Denisov, S. Yu. Kalashnikov, E. S. Vlas'eva**

**TOWARDS THE EFFECTIVENESS OF THE ACTIVITY OF THE LICENSE COMMISSION AND HOUSING INSPECTION IN VOLGOGRAD OBLAST IN 2016**

The article considers the results of collaboration of the license commission and inspection of the state housing supervision of Volgograd Oblast on cancellation of licenses of property management companies.

**Key words:** license commission, property management companies, multifamily housing, cancellation of the license.

REFERENCES

1. Kalashnikov S. Yu., Kalashnikova Yu. S. [The experience of conducting qualification examinations of individuals to receive a qualification certificate to carry out activities of management companies in housing and communal services]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 44(63), p. 2, pp. 214—217.

2. Kalashnikov S. Yu. [About licensing of business activity on multifamily housing management on the territory of Volgograd oblast]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, iss. 44(63), p. 2, pp. 210—213.

*For citation:*

Denisov P. V., Kalashnikov S. Yu., Vlas'eva E. S. [Towards the effectiveness of the activity of the license commission and housing inspection in Volgograd oblast in 2016]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 456—460.

*About authors:*

**Denisov Pavel Valer'evich** — the Head of the Department of Licensing and Control over Multi-Family Housing Management, Inspection of the State Housing Supervision in Volgograd Oblast. 5, Novorossiyskaya St., Volgograd, 400066, Russian Federation

**Kalashnikov Sergei Yur'evich** — Doctor of Engineering Science, Professor, Academician of the International Higher Education Academy of Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Vlas'eva Ekaterina Sergeevna** — Master's Degree Student of Department of Examination and Exploitation of Real Estate, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation



УДК 712.25 (470.45)

**И. Н. Етеревская**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДСКИХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Предложена методологическая основа эколого-ландшафтного преобразования городских общественных пространств (на примере г. Волгограда), включающая пофакторный и комплексный анализ пространства, разработку концепции формирования градостроительных систем общественных пространств на основе региональных принципов и методов проектирования и комплексные рекомендации для условий нового строительства и реконструкции.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** городская среда, средовой объект, городское общественное пространство, градостроительная система общественных пространств, комплексная оценка.

В современных условиях в связи с усложнением городских процессов особую актуальность приобретает процесс индивидуализации образа города, связанный с эколого-ландшафтной реконструкцией городских территорий, в рамках концепции устойчивого развития. Следствием этого стало повышенное внимание к роли городской среды и общественных пространств как важнейшей ее части в жизнедеятельности социума [1—5].

Составные элементы городских общественных пространств на протяжении многих десятилетий рассматривались как отдельно взятые градостроительные объекты (общественные центры, городские улицы, площади, объекты озеленение), оторванные от ландшафтной подосновы и общей экологической ситуации, что привело к существенному снижению их градостроительной, социальной и экологической эффективности. Этим объясняется необходимость комплексного исследования урбанизированных и природных компонентов городской среды, влияющих на ее устойчивость в целом [6—9]. Решение данной задачи видится возможным через разработку методики комплексной оценки основных характеристик городских общественных пространств в рамках концепции устойчивого городского развития, а также методов и принципов эколого-ландшафтной оптимизации их пространственно-планировочной, ландшафтной и социальной структуры [10].

Анализ и последующее преобразование среды городских общественных пространств видится целесообразным проводить по следующей условной схеме (рис. 1), включающей три основных этапа: анализ, синтез, прогноз.

На первом этапе — *анализ* — проводится пофакторная оценка общественных пространств города исходя из следующих характеристик:

- 1) категория и смысловая значимость общественного пространства;
- 2) типология, застройка и пространственная организация;
- 3) предметное наполнение среды;
- 4) анализ эколого-ландшафтных факторов.

Исходя из многообразия градостроительного статуса и социальной при­ тягательности территорий категории общественных пространств определя­ ются по следующим признакам [11]:

социально-градостроительная значимость (надгородские, городские, районные, локальные);

функционально-коммуникационное использование (транспортные, транспортно-пешеходные, пешеходно-транспортные, пешеходные и про­ странства-стоянки);

функционально-социальное значение (административно-деловые, куль­ турно-зрелищные, торговые и общественного питания, массовых обществен­ ных действий, полифункциональные);

культурно-духовной ценности (сакральные, полусакральные, пуб­ личные).

Все виды городских общественных пространств, независимо от их худо­ жественного качества и принципов композиции, условно разделяются на три группы с характерным уровнем сложности объемно-планировочной органи­ зации, отвечающим их градостроительной значимости: местного, районного и общегородского значения.

По пространственной организации виды городских общественных про­ странств различаются формой и геометрическим принципом соединения в целостность (рис. 2):

локальные образования — площади, перекрестки, дворы — тяготеющие к центричности, формированию единого компактного пятна в плане (показа­ тель по г. Волгограду — до 45 %);

линейные системы — объединяют объекты, собираемые вдоль единой оси, продиктованной геометрией пространства: улицы, пешеходные трассы, водные артерии (показатель по г. Волгограду — 30 %);

системы расчлененных взаимосвязанных пространств — имеют тер­ риториальный характер (21 % от общего количества по г. Волгограду) — парковые ансамбли, спорткомплексы, системы городских площадей, раз­ деленных застройкой, бульварами. Они складываются из локальных и линейных элементов и не всегда могут слиться в цельный зрительный образ непосредственно, как лежащие рядом отрезки улиц или разные стороны одной площади, что требует специальных приемов воссоедине­ ния их облика.

По степени зрительной открытости городские общественные простран­ ства делятся на: замкнутые (тесные), полужамкнутые и раскрытые.

Габариты, конфигурация, соотношение ограждающих пространство масс и разрывов между ними формируют пространственную составляющую средств архитектурного воздействия общественных пространств, которая складывается из следующего комплекса компонентов среды:

ограждения (вертикальные границы пространства) — основа зрительного образа городского интерьера (реальные, символические и условные);

планшет — горизонтальная основа пространства;

заполнение пространства (элементы благоустройства, городского обору­ дования, произведения монументального-декоративного искусства, ланд­ шафтные элементы).

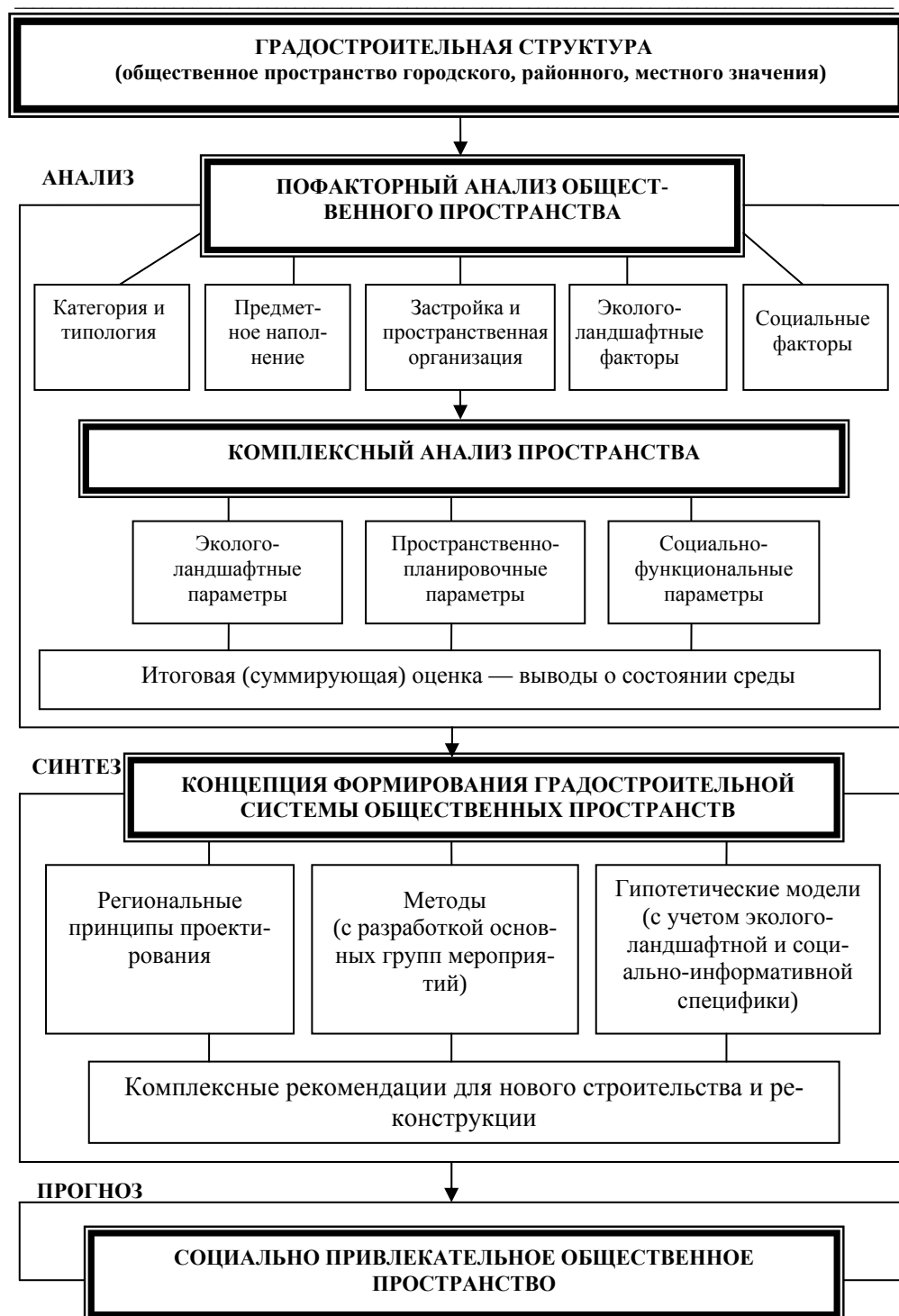


Рис. 1. Блок-схема основных этапов методики комплексной оценки и преобразования городских общественных пространств



Рис. 2. Пофакторный анализ пространства (определение категории, типологии и пространственной организации)

Необходимым условием исследования городских общественных пространств является учет социальных особенностей и культурных приоритетов конкретного города посредством использования методов социального опроса, выделения зон и фрагментов, обладающих особым социокультурным значением [12, 13]. Список анализируемых качеств среды городских общественных пространств можно разделить на две группы: 1) качества элементов среды общественных пространств (т. е. архитектурные составляющие): озеленение и благоустройство, наличие условий для отдыха, транспортная и пешеходная доступность, сезонность эксплуатации, безопасность, чистота; 2) качества зрительного и эмоционального воздействия среды на человека (относительно «неархитектурные» составляющие): эстетика, физическое состояние, разнообразие, индивидуальность, увлекательность, комфортность.

На основании проведенных социологических опросов выявляется структура комфортного, с точки зрения потребителя, городского пространства и «потребительская» иерархия компонентов среды общественных пространств.

Современная практика показывает, что решение проблем взаимодействия природных и искусственных компонентов в городском пространстве должно базироваться на экологическом анализе сложившейся ситуации [14]. В группе эколого-ландшафтных факторов оцениваются природно-климатические характеристики территорий в условиях III природно-климатической зоны (применительно к г. Волгограду), особенности рельефа, озеленение (приемы, площадь озеленения относительно нормативной, соответствие санитарно-гигиеническому значению, общее эстетическое состояние, дендросостав). Результатом является карта-схема состояния элементов озеленения общественных пространств.

Современные принципы формирования городских общественных пространств базируются на комплексном подходе к решению проблем средоформирования. Комплексность при исследованиях городской среды заключается в формировании преемственной и социально обусловленной городской

среды путем активной проработки ее ансамблевых качеств, культурно-исторического наполнения, эстетики, создания градостроительных композиций различных масштабов.

На основании пофакторного анализа применительно к конкретной градостроительной структуре выделяются конфликтные ситуации среды и проводится комплексный анализ территорий, включающий эколого-ландшафтные, пространственно-планировочные и социально-функциональные параметры оценки.

В основе градостроительных преобразований среды городских общественных пространств на различных иерархических уровнях должен лежать эколого-ландшафтный подход, вышедший за рамки паркостроения и решения локальных задач и учитывающий постоянное взаимодействие градостроительных структур с окружающей природной средой. Оценка экологических факторов формирования общественных пространств применительно к г. Волгограду включает следующие характеристики: общая экологическая ситуация участка, взаимодействие с компонентами природного ландшафта, возможность визуального и территориального выхода к Волге, количественный и качественный состав элементов ландшафтной архитектуры, возможность рекреации, визуальная оценка территории и ландшафта.

При оценке общественных пространств города с учетом пространственно-планировочных ресурсов определяющими являются следующие качественные характеристики: соответствие участка градостроительному статусу территории, логика развития пространства, целостность структуры, иерархичность частей, проработка связей, доминант, соразмерность частей, акцентирование логического центра, сомасштабность человеку, свобода обзора.

Социально-культурные и функциональные параметры пространства определяются с позиций возможности максимального использования существующего общественного потенциала и разработки сценариев функционирования среды, соответствия социокультурного значения участка условиям его существования, наличия среды для пешеходов, элементов КБО, элементов благоустройства, возможности улучшения качества среды с учетом социологических опросов горожан, эстетики среды.

На основании полученного итогового (суммирующего) результата делается вывод о состоянии среды (удовлетворительное, требующее корректирующей проработки, подлежащее реконструкции). По результатам исследований только 25 % от общего количества городских общественных пространств г. Волгограда обладают удовлетворительным качеством среды.

Комплексная оценка основных характеристик среды общественных пространств г. Волгограда [10] показала, что наилучшие суммарные показатели по районам города получены для тех территорий, где в том или ином виде (градостроительном, смысловом, функциональном) существует взаимодействие отдельных общественных пространств и их связь с природными и рукотворными компонентами ландшафта.

Следующий этап — *синтез* — включает разработку региональных принципов проектирования городских общественных пространств и методов с предложением основных групп мероприятий по изменению средовых характеристик с целью построения единых градостроительных систем общественных пространств. Кроме того, данный этап предполагает конструирование

гипотетических моделей, направленных на гуманизацию среды и учитывающих возможные варианты создания среды, с учетом эколого-ландшафтных и социально-информативных особенностей построения систем.

Изучение процессов формирования градостроительных систем общественных пространств, как и любого другого градостроительного объекта, целесообразно на основании следующих общих принципов:

- 1) принцип экологического подхода;
- 2) принципы эколого-ландшафтного подхода: территориальность; системность; преемственность;
- 3) принцип относительной оптимальности;
- 4) принцип приоритетности.

Реализация эколого-ландшафтного подхода в формировании градостроительных систем общественных пространств должна как исходить из общих принципов, так и базироваться на специфических региональных принципах и механизмах их использования применительно к особенностям средообразования волжского города. К региональным принципам в условиях нового строительства и реконструкции относятся: обоснование пространственно-планировочных решений, установление базы экологического равновесия социально значимых территорий, определение взаимосвязей эстетических характеристик и возможностей объединения общественных пространств. Исходя из этого можно сформулировать принципы проектирования градостроительных систем общественных пространств:

природно-климатическая обусловленность как условие экологической комфортности;

взаимодействие и взаимовлияние всех элементов системы (многоуровневость — системность — сложность);

соответствие приемов и средств формирования системы;

адекватность системы социально-функциональному статусу территории (эволюционность — сосредоточенность-компактность — функциональность);

адекватность системы художественному замыслу.

Концепция формирования градостроительных систем общественных пространств предусматривает разработку основных групп мероприятий преобразования среды. Так, формирование градостроительных систем в непосредственной близости к природному ландшафту в условиях Волгограда базируется на естественных ландшафтных доминантах (поймы малых рек, балки, овраги, набережная Волги). Для улучшения микроклиматического комфорта предусматривается использование средств озеленения и водных сооружений, а также малых архитектурных форм и функциональных элементов городского оборудования. Общие направления организации озеленения должны учитывать конкретную ситуацию общественных пространств (в зависимости от типа и категории пространства), однако общее направление должно быть подчинено общей идее расположения насаждений в единой системе. Кроме того, в ансамбли систем общественных пространств в комплексе с общественными сооружениями целесообразно включение искусственных водоемов и локальных водных устройств.

Для усовершенствования и организации общественно-рекреационных функций на территории городских общественных пространств необходимо формирование пешеходной среды с техническими и функционально-

строительными компонентами оснащения, малыми архитектурными формами с декоративными и информационными элементами.

Одним из вариантов решения пространственно-планировочных проблем могут служить средства ландшафтного дизайна с применением малых архитектурных форм, декоративных элементов, а также освещения, мощения, ограждения.

Проблемы визуально-художественного характера могут эффективно решаться средствами озеленения. Так, в линейных элементах общественных пространств насаждения могут использоваться для уменьшения впечатления монотонности застройки, при помощи чередования приемов озеленения подчеркивается функциональное зонирование территории. Введение композиционных акцентов в соответствии с планировочными особенностями общественного пространства (повороты, пересечения, доминанты) может не только создавать дополнительный эстетический эффект, но и облегчить аэрацию.

При недостатках коммуникационных функций наиболее ощутимые изменения могут внести технические элементы оснащения, функционально-строительные и визуально-информационные средства.

Выполнение региональных принципов проектирования градостроительных систем общественных пространств реализуется в гипотетической эколого-ландшафтной модели, объединяющей следующие экологические и ландшафтные мероприятия, сориентированные на воспроизводство и целенаправленное воздействие на природный потенциал территории и отвечающие задачам поддержания динамичного экологического равновесия:

включение нарушенных территорий с использованием существующего рельефа в естественных ландшафтных границах районов (пойма р. Царица, р. Малая Мечетка, Ельшанская балка, Григорова балка и др.);

создание «экологических коридоров» — естественных каналов поступления чистого воздуха из пригородной зоны, связывающих прибрежную полосу озеленения через локальные узлы концентрации общественной активности с внешним «зеленым кольцом»;

формирование «линейных зеленых связей» — озелененных общественных пространств в границах межмагистральных территорий (1—3-й Продольных магистралей);

включение водных пространств в планировочную структуру модели с использованием гидрогенной основы — больших и малых акваторий на территории города;

регулирование приемами ландшафтной архитектуры характера и эстетических качеств среды с использованием искусственных водных устройств и рукотворных городских ландшафтов.

Своеобразие города во многом определяется социальным аспектом пространственной организации его общественных пространств. Градостроительные системы, состоящие из объектов концентрации общественных функций, являются территориями с интенсивным архитектурно-пространственным освоением, что и формирует естественное многообразие архитектурных пространств, напрямую связанных с потребностями и региональными формами жизнедеятельности горожан.

Исходя из этого предлагается гипотетическая социально обусловленная информативная модель, предусматривающая предложения по конструированию

нию сценария развития пространства, направленные на улучшение ориентации, информативности, функциональной насыщенности и, как следствие, социальной притягательности городских общественных пространств и придание им целостного образа (рис. 3).



Рис. 3. Концепция формирования частично замкнутой системы общественных пространств (с учетом социально-информативной специфики) на примере линейного пространства ул. Ленина и городского детского парка

С учетом основных смысловых структурообразующих элементов на примере г. Волгограда выделены следующие типы гипотетических социально обусловленных информативных моделей:

образованные объектом или рядом объектов, занимающих значительный ранг в пространственной композиции города (общественные центры города и планировочных районов);

прилегающие к основным видам учреждений культуры и их комплексам (театры, музеи, выставочные комплексы, крупные Дома культуры);

представляющие образ города как элемент исторической среды в концентрированном виде (градостроительные ансамбли сталинского классицизма, сформированные вдоль проспекта Ленина и в центральной части города);

объединяющие объекты, связанные с историческими событиями или людьми (мемориальные комплексы «Мамаев курган», музей-панорама «Сталинградская битва»).

Социальная эффективность общественных пространств города (в т. ч. Волгограда) значительно повысится при комплексном использовании всех структурных элементов градостроительных систем общественных про-



странств. С этой целью гипотетическая социально обусловленная модель предусматривает проектирование деятельностных пространств различного тематического направления (рекреационные, спортивно-оздоровительные, контактные).

На основании концепции формирования градостроительных систем общественных пространств предлагаются комплексные рекомендации по новому строительству или реконструкции, основанные на итоговой оценке территории, для составления архитектурно-планировочного задания на проектирование, отражающие варианты смысловой (функциональное насыщение, условия ориентации) и физической (размеры и границы пространства) трансформации элементов предлагаемых систем.

Основные рекомендации по проектированию городских общественных пространств в условиях нового строительства и экологической реконструкции должны быть направлены на сохранение исходного состояния динамического равновесия и последовательное воссоздание природного потенциала городских территорий, компенсирующего антропогенные воздействия. Рекомендации содержат предложения по архитектурному и функциональному насыщению, ландшафтной организации, применению элементов городского дизайна, предусматривающие создание или перепрофилирование облика пространства с использованием крытых галерей, пассажей, водных устройств и озеленения, формирование пешеходной среды (рис. 4). Рекомендации для условий реконструкции и нового строительства охватывают отдельные фрагменты городской среды (городские общественные пространства), предполагая восстановление природной составляющей, формируя более гармоничный облик и восстанавливая экологическое равновесие городских территорий.

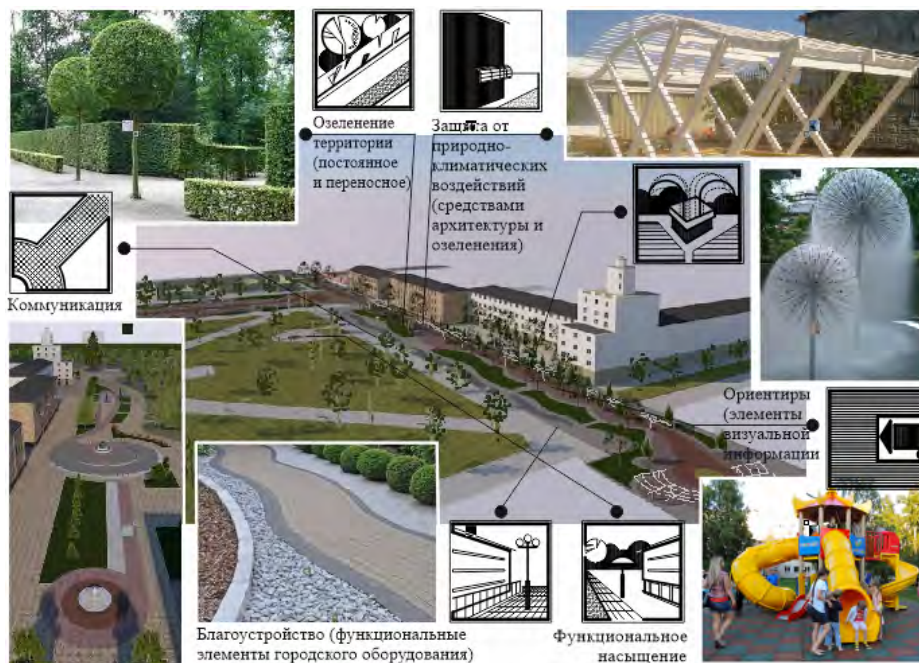


Рис. 4. Комплексные рекомендации по формированию частично замкнутой системы общественных пространств центральной части города (в условиях реконструкции)

В рамках третьего этапа — *прогноз* — можно предположить, что выработка концепции эколого-ландшафтного преобразования среды общественных пространств с применением комплексного подхода к оценке и формированию градостроительных систем общественных пространств будет способствовать наиболее эффективному градостроительному использованию, повышению их информативного потенциала, социально-экономической привлекательности и комфортных характеристик.

Таким образом, можно констатировать, что предлагаемая концепция формирования градостроительных систем общественных пространств как методологическая основа эколого-ландшафтного преобразования городских общественных пространств является частью единой социально-экономической стратегии устойчивого развития города, расположенного в III природно-климатической зоне, и может быть рекомендована для использования в приречных городах других климатических районов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lussault M. Grand (Le) Pari(s) Consulatation Internationale sur l'avenir de le metropole parisienne // Le Moniteur Architecture AMC. avril 2009. Hors-serie. P. 260.
2. Corner James. Terra Fluxus // The Landscape Urbanism. New York: Princeton Architectural Press, 2006.
3. The Landscape Urbanism Reader / Waldheim C. ed. New York: Princeton Architectural Press, 2006. 295 p.
4. Masbouni A., Gravelain F. Penser la ville par le paysage. Paris: Edition de La Villette, 2002. 96 p.
5. Maumi C. Usonia ou le mythe de la ville-nature amiricaine. Paris: Edition de la Villette, 2008. 225 p.
6. Бархин М. Г. Город. Структура и композиция. М.: Наука, 1986. 264 с.
7. Каганов Т. З. К методологической проблематике средовых исследований // Средовой подход в архитектуре и градостроительстве / под ред. А. А. Высоковского. М.: ВНИИТАГ Госкомархитектуры, 1989. С. 14—22.
8. Красильникова Э. Э. Ландшафтный урбанизм. Теория — Практика. Волгоград: ООО «ИАА «Областные вести»», 2015. 156 с.
9. Нефедов В. А. Городской ландшафтный дизайн. СПб.: Любавич, 2012. 320 с.
10. Етеревская И. Н. Принципы эколого-ландшафтного проектирования городских общественных пространств (на примере г. Волгограда): дис.. канд. арх. СПб., 2004. 256 с.
11. Шимко В. Т. Архитектурное формирование городской среды. М., 1990.
12. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве / пер с англ. В. Л. Глазычева; под ред. А. В. Иконникова. М.: Стройиздат, 1986. 264 с.
13. Яргина З. Н. Эстетика города. М., 1991. 366 с.
14. Тетиор А. Н. Городская экология. М.: Академия, 2006. 336 с.

© Етеревская И. Н., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Етеревская И. Н. Основные этапы методики комплексной оценки и преобразования городских общественных пространств // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 461—471.

Об авторе:

**Етеревская Ирина Николаевна** — канд. арх., доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [eterevskaya\\_irina@mail.ru](mailto:eterevskaya_irina@mail.ru)

**I. N. Eterevskaya**

## MAIN STAGES OF THE METHODOLOGY OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT AND RENEWAL OF URBAN PUBLIC SPACES

The article provides the methodological basis for ecological landscape renewal of urban public spaces (by the example of Volgograd), including phased and comprehensive analysis of the space, the development of the concept of the formation of urban systems of public space based on regional principles and design methods and comprehensive recommendations for the conditions of new development and reconstruction.

**Key words:** urban environment, environmental facility, urban public space, urban planning system of public spaces, comprehensive assessment.

### REFERENCES

1. Lussault M. Grand (Le) Pari(s) Consulatation Internationale sur l'avenir de le metropole parisienne. *Le Moniteur Architecture AMC*. avril 2009. Hors-serie. P. 260.
2. Corner James. Terra Fluxus. *The Landscape Urbanism*. New York, Princeton Architectural Press, 2006.
3. Waldheim C. (ed.). *The Landscape Urbanism Reader*. New York, Princeton Architectural Press, 2006. 295 p.
4. Masbouni A., Gravelain F. Penser la ville par le paysage. Paris, Edition de La Villette, 2002. 96 p.
5. Maumi C. *Usonia ou le mythe de la ville-nature amiricaine*. Paris, Edition de la Villette, 2008. 225 p.
6. Barkhin M. G. *Gorod. Struktura i kompozitsiya* [City. Structure and composition]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 264 p.
7. Kaganov T. Z. [Towards methodological issues of environmental researches]. Vysokovskii A. A. (ed.). *Sredovoi podkhod v arkhitekture i gradostroitel'stve* [Environmental approach in architecture and urban planning]. Moscow, VNIITAG Goskomarkhitektura, 1989. Pp. 14—22.
8. Krasil'nikova E. E. *Landshaftnyi urbanizm. Teoriya — Praktika* [Landscape urbanism. Theory — Practice]. Volgograd, "IAA Oblastnye Vesti" LLC, 2015. 156 p.
9. Nefedov V. A. *Gorodskoi landshaftnyi dizain* [City landscape design]. Saint Petersburg, Lyubavich Publ., 2012. 320 p.
10. Eterevskaya I. N. *Printsipy ekologo-landshaftnogo proektirovaniya gorodskikh obshchestvennykh prostranstv (na primere g. Volgograda)* [Principles of environmental and landscape design of city public spaces in Volgograd. Diss. Cand. Arch.]. Saint Petersburg, 2004. 256 p.
11. Shimko V. T. *Arkhitekturnoe formirovanie gorodskoi sredy* [Architectural development of the urban environment]. Moscow, 1990.
12. Lynch K. *Sovershennaya forma v gradostroitel'stve* [A perfect form in urban planning]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1986. 264 p.
13. Yargina Z. N. *Estetika goroda* [City aesthetics]. Moscow, 1991. 366 p.
14. Tetior A. N. *Gorodskaya ekologiya* [Urban ecology]. Moscow, Akademiya Publ., 2006. 336 p.

### For citation:

Eterevskaya I. N. [Main stages of the methodology of comprehensive assessment and renewal of urban public spaces]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 461—471.

### About author:

**Eterevskaya Irina Nikolaevna** — Candidate of Architecture, Docent of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [eterevskaya\\_irina@mail.ru](mailto:eterevskaya_irina@mail.ru)

УДК 711.55

**Н. В. Иванова, О. А. Ганжа**

**Волгоградский государственный технический университет**

### **ГРАДО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ГОРОДА**

Проведен градо-экологический анализ незастроенных территории города с точки зрения их пригодности для подземного строительства в сложных природно-климатических условиях г. Волгограда как фактора оптимизации использования городского пространства. Рассмотрено становление теоретического и практического опыта проектирования, строительства и оценки ландшафта города для подземного освоения. Раскрывается новая градо-экологическая методика выбора территорий с учетом региональных особенностей местности. Результаты исследования — перспективная оценка незастроенных участков в ландшафте города Волгограда для проектирования подземной архитектуры. Экспериментальное проектирование проведено в соответствии с разработанной структурной моделью, позволяющей осуществить выбор варианта планировочного пространства для подземного освоения с учетом природно-климатического аспекта, и направлено на формирование новых центров социального притяжения для жителей и гостей, влияющих на активность молодежи и привлекательность жизни в городе.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** градо-экологическая оценка, незастроенные ландшафты, проектирование подземных пространств.

Решение градостроительных проблем города, связанных с нехваткой жизненного пространства, в последнее время направлено на интенсивное освоение подземного пространства. Ссылаясь на материалы «Основополагающих принципов устойчивого пространственного развития Европейского континента», авторы отмечают необходимость эффективного и разнообразного использования подземного уровня, городского «третьего измерения», анализируют достижения подземного строительства многих городов и столиц Европы, Азии и Америки (Австралия, Великобритания, Германия, Испания, Италия, Китай, Россия, Сингапур, Франция, Япония и др.) [1]. Данная проблема приобретает актуальность и для Волгограда при решении утилитарных задач построек: парковки, переходы, метротрам. Важными становятся исследования с позиций региональной градоэкологии в сфере оценки природных земельных ресурсов, выбора территории в ландшафте города для подземного строительства.

Опыт отечественного и зарубежного градостроительства показывает, что нехватка удобной для городского строительства земли заставляет искать дополнительные способы комплексного освоения ранее неиспользовавшихся территорий города, таких как овражно-балочная сеть и подземные пространства, для развития комфортных рекреационных зон и формирования современных принципов проектирования подземной урбанистики.

Целью исследования является разработка методики оценки региональных природных составляющих городской среды для подземного освоения гражданской архитектурой.

Задачи исследования:

анализ отечественного и зарубежного опыта подземного проектирования и строительства объектов гражданской архитектуры;

выявление приоритетных природных компонентов для подземного строительства в региональных условиях г. Волгограда;

градо-экологическая оценка природно-климатических факторов в оценке ландшафтов города для подземного освоения;

формирование блок-схемы определения природных территорий подземного строительства;

проведение экспериментального проектирования с целью выявления участков ландшафта Волгограда для подземного освоения.

Теоретической и практической базой работы стали научные публикации по подземной урбанистике. Изучению проблем градостроительного освоения подземного пространства в исторических крупнейших городах Москве, Санкт-Петербурге в условиях дефицита площадей и плотной застройки городского центра посвящены научные издания [2—4]. Так, авторы анализируют предложения по формированию подземных пространств под транспортной сетью Северной столицы и созданию подземных дублеров основных магистралей города (г. Санкт-Петербург, площадь Восстания и Невский проспект) [5, 6], исследуется «третье измерение» Москвы и определяются задачи комплексного градостроительного освоения подземного пространства крупнейших городов с разработкой модели эффективного управления территориями, включая подземный уровень [1, 7, 3].

Использование подземных пространств «как резерва дополнительной полезной площади» имеет то преимущество, что «подземные структуры могут размещаться практически повсеместно», не нарушая сложившейся городской структуры [2, с. 190, 10]. В то же время автор обращает внимание, что «уровень использования подземного пространства для каждого города индивидуален» и большую роль, кроме сложившейся исторической застройки, транспортной инфраструктуры и перспективы развития городской территории, играют «природно-климатические особенности региона».

Важные проблемы градостроительного освоения подземного пространства крупнейших городов рассмотрены во многих трудах [8, 9]. Так, к эколого-экономическому направлению относятся научные работы М. С. Рудяк, который исследует рациональное использование городского подземного пространства для гражданских объектов, дает анализ особенностей эколого-экономической оценки использования городского подземного пространства для размещения гражданских объектов и обосновывает методологические подходы к проведенной оценке [10]. Оценка социально-экономической эффективности комплексного освоения подземного пространства крупнейших и крупных городов Урала на примере оптимизации архитектурно-пространственного формирования разноразмерной городской застройки г. Екатеринбурга производится в статье [11].

В работах [12, 13] авторы рассматривают экологические аспекты градостроительства, связанные со здоровьем человека, проживающего в крупном городе, где интенсификация градостроительства происходит за счет повышения этажности территорий на базе комплексного использования подземного пространства.

Выбор и оценка территорий ландшафта города для подземной гражданской архитектуры связаны со способами дальнейшего устройства эксплуатируемого благоустроенного и озелененного пространства над подземным



строительством при формировании комфортной городской среды [14]. Приемы реализации ландшафтной деятельности рассмотрены в исследованиях по оптимизации толщины и температурного режима насыпного почвенного слоя над подземными структурами [15]. В статье [16] обоснованы ландшафтные приемы озеленения при создании бестранспортной среды, учитывающей потребности различных групп населения. Анализируются способы устройства благоустроенного и озелененного пространства (газоны, кусты и высоко растущие деревья), автор раскрывает структуру садов над подземными сооружениями разного функционального назначения для организации на поверхности комфортного и безопасного пространства для человека [17]. Причем А. И. Ушакова, проводя обзор благоустроенных пространств над подземными структурами, отмечает, что разработка единых региональных строительных норм будет направлена на сокращение единовременных затрат на озеленение.

Опыт подземного строительства известен издавна и рассматривался древними строителями как возможность размещения объектов различного назначения временного и длительного пребывания человека.

Первыми подземными сооружениями являются естественные пещеры, которые служили местом обитания людей и хранения продуктов, защиты от природно-климатических воздействий, добычи полезных ископаемых. В настоящее время известны древние города — примеры подземного строительства: Каппадокия (на территории Турции) — подземный город, расположенный на восьми уровнях, площадь которого рассчитана на 50 тыс. человек; Чуфут-Кале и Мангуп-Кале — это один из древнейших пещерных городов Крыма (на территории России), возникший в V—VI вв. (рис. 1) и многие другие.



Рис. 1. Примеры подземного строительства — древние города: а — центральная часть Каппадокии, поселение данного района — Учхисар (Турция); [<http://udivitelno.com/mesta/item/254-kappadokija-turcija-foto>]; б — Эски-Кермен (Крым) [<http://crimeaz.ru/peshchernye-goroda/21-peshchernyj-gorod-eski-kermen.html>].

Подземные города устраивали в прочных сухих грунтах, не требующих укрепления и создания горных выработок, используя естественные природные условия. Качество среды обитания человека в условиях такого города считается низким. С последующим развитием и совершенствованием технологий возведения наземных зданий и сооружений интерес к использованию подземного строительства в городских условиях сократился. На протяжении многих столетий подземные города не возводились, подземное пространство использовали редко. Основное направление использования — добыча полез-

ных ископаемых, устройство в горных выработках после изъятия полезных ископаемых хранилищ и складов.

В начале XX в. появляются первые проекты подземного строительства, решающие проблемы транспортных и инженерных коммуникаций. Подземное строительство жилых, общественных и производственных зданий в последние годы получает все большее распространение, однако застройка подземного пространства под городской территорией не должна быть интенсивной. Плотной изолированная поверхность естественного грунта позволит существовать зеленым насаждениям на тонком слое кровли — газона с искусственным поливом, будет нарушен естественный круговорот веществ, что приведет к гибели объектов флоры и фауны. В планировочной структуре подземные здания должны иметь форму с регулярными разрывами с целью осуществления контакта почвенно-растительного слоя с грунтом подземного пространства.

Современные градозоологические подходы к рациональному использованию подземного пространства следующие:

- необходимость осуществления подземного строительства в условиях дефицита незастроенных территорий;

- сохранение окружающей природной среды, создание биопозитивных сооружений, восстановление ранее занятых ландшафтов;

- экономия энергоресурсов на стадии эксплуатации зданий и сооружений;

- необходимость проведения реконструкции исторических центров города с целью возведения новых зданий, сооружений с устройством современных коммуникаций;

- использование неудобных территорий для наземной застройки.

Теоретической основой исследования стала необходимость формирования логической системы оценочных ландшафтно-градостроительных методов, применяющихся на стадии предпроектного анализа овражно-балочной сети и принятия архитектурно-градостроительного решения по размещению подземных общественно-рекреационных пространств.

Задачей системы оценочных ландшафтно-градостроительных методов стало выявление развития архитектурно-социальной, эколого-планировочной структуры территории с овражно-балочной сетью на основе анализа ее современного состояния и определение:

- информации о характере и принципах функционирования территории с овражно-балочными членениями;

- моделирование градостроительной ситуации формирования подземных общественно-рекреационных пространств.

Система оценочных ландшафтно-градостроительных методов охватывает блоки: ресурсный потенциал овражно-балочной территории, оценка состояния окружающей среды, ландшафтный анализ территории, экологические и архитектурно-планировочные факторы (рис. 2).

*Ресурсный потенциал ландшафта* (незастроенные) территории города направлен на выявление градостроительной пригодности участков ландшафта для подземного освоения. Определяется тип функционального использования территории в соответствии с ее характеристиками: зонирование неудобья и оврагов по степени возможного подземного освоения, определяются зоны открытого рекреационного характера деятельности, парковые территории. Блок задач включает — пофакторный анализ территорий неудобья и оврагов:

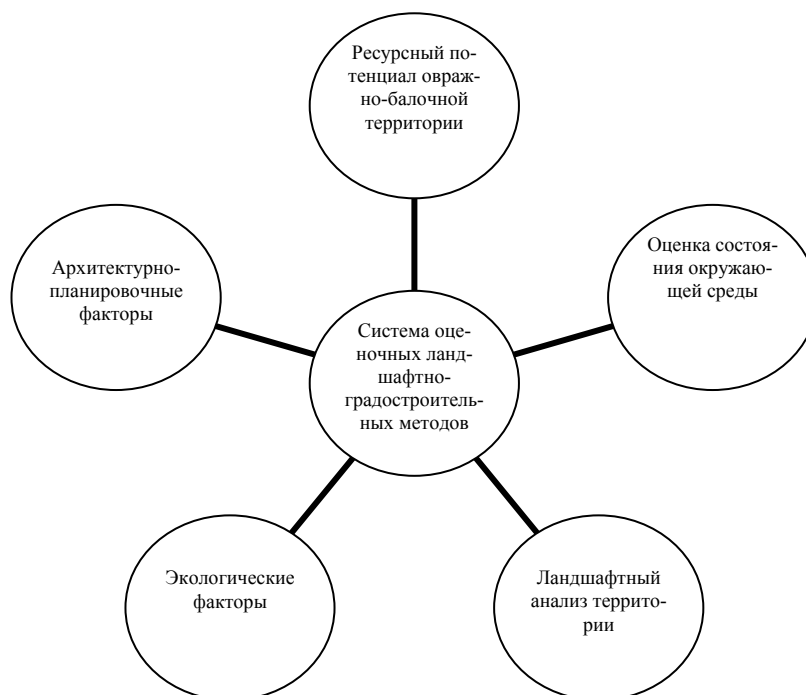


Рис. 2. Структурная модель, отражающая систему оценочных ландшафтно-градостроительных методов на стадии предпроектного анализа овражно-балочной сети

характер ландшафта: ориентация оврага; рельеф; грунты; воды; почвенно-растительный покров; санитарно-гигиенические характеристики почв: нарушенность почвенного покрова (эрозии почвы и снос почвенного покрова потоками воды); инженерно-геологические: геологическое строение, рельеф; гидрогеологические условия; аэрационный режим и характеристики прилегающей застройки.

*Оценка состояния окружающей среды.* Осуществляется сбор данных и проведение оценки природно-климатических факторов, необходимых для процесса проектирования:

оценка природно-климатических факторов при проектировании;

оценка метео-климатических условий района (микроклимата участка): климатическое районирование; тепло-влажностный режим; инсоляционный и аэрационный режим; снего- и пылеперенос; косые дожди;

анализ существующего состояния природных компонентов на проектируемой территории;

прогноз состояния окружающей среды;

определяются типологические градостроительные требования к рекреационным формам архитектурно-пространственной организации отдыха посетителей в подземном общественно-рекреационном пространстве.

*Ландшафтный анализ территории.* Проведение анализа является основой принятия архитектурно-градостроительного решения по формированию



планировочной структуры района с овражно-балочной сетью, который дает возможность установить соответствие функциональной и композиционной структур подземного пространства природной ситуации. Факторами оценки является анализ рельефа: тип, форма и элементы рельефа, уклон поверхности; радиационный режим, абсолютная и относительная высоты, экспозиция склонов. В сложных природно-климатических условиях г. Волгограда учету подлежат природные явления, такие как пыльные бури, снежные заносы, гололед. Территория оврага дифференцируется по условиям градостроительного освоения (выявляются участки, пригодные для ландшафтно-рекреационного функционального использования). В результате анализа рельефа определяются условия формирования композиционной структуры подземного пространства: пространственно-визуальные характеристики рассматриваемой территории.

Оценка озелененной территории проводится по направлениям:

наличие рекреационных качеств участка для отдыха и спорта;

формирование открытых ландшафтных пространств — парковых зон;

санитарно-гигиеническая эффективность, направленная на улучшение микроклимата участка;

эстетический критерий охватывает эстетические нормы и предпочтения современников эпохи.

*Экологические факторы.* Проводится пофакторный анализ условий среды рассматриваемой территории:

оценка источников химического и физического воздействия;

оценка санитарно-гигиенического состояния почвы;

оценка показателей состава и свойств воды;

оценка геопатогенных воздействий.

*Архитектурно-планировочные факторы.* Рассматриваемые факторы охватывают архитектурные критерии застройки и планировочные особенности районов города с природными членениями, к которым относятся:

сложившаяся структура плана района с природными членениями, неудобья с овражно-балочной сетью;

градостроительная композиция рассматриваемого района;

размещение основных элементов, определяющих структуру функциональных и композиционных связей изучаемого участка с оврагами.

Анализ градостроительства Волгограда показал достаточно низкий уровень использования подземного пространства. Подземное строительство в городе связано в основном с развитием скоростного подземного трамвая (метротрама). Метротрам как вид транспорта встречается в некоторых городах мира (Великобритания — Ноттингем, Германия — Ганновер, Дюссельдорф, Кельн, Штуттгарт, Испания — Мадрид, Гранада, Нидерланды — Гаага, Польша — Краков)

В начале XX века Царицын стал первым уездным городом, где появился трамвай. Малоизвестным фактом является существование в довоенном Сталинграде подземного ресторана «Метро» (1938 г.), который был расположен в подземной части склона набережной [18, с. 130—134], (рис. 3—4). Учитывая протяженность Волгограда вдоль берега Волги, создание линий скоростного подземного трамвая решало транспортную проблему соединения районов города. Тоннели и станции строились по стандартам обычно-

венного метро. Первая очередь подземного трамвая Волгограда была открыта в 1984 г., ее протяженность была 14 км (16 станций и 3 из них — подземные). Вторая очередь скоростного трамвая протяженностью 4 км (три станции) начала работать в 2011 г., и, в отличие от первой очереди, вторая линия полностью проходит под землей через Ворошиловский район к Советскому району.



Рис. 3. Подземный ресторан «Метро» на набережной Сталинграда [18]



Рис. 4. Набережная после Сталинградской битвы, в центре подземный ресторан «Метро», архитектор А. Кулев [18]

*Природные членения ландшафта г. Волгограда.* Индивидуальный облик общественно-рекреационных подземных пространств во многом определяется рельефом местности. Город Волгоград расположен на стыке восточного склона Приволжской возвышенности и Ергеней. В оврагообразовании участвуют разнообразные процессы (эрозия, выветривание, склоновые и оползневые процессы). Склоны и террасы Приволжской возвышенности и Ергеней густо изрезаны хорошо развитой долиной и овражно-балочной сетью. При-

волжская возвышенность, по мнению многих авторов, является второй по значению активной зоной овражной эрозии на Русской равнине. Северо-восточная часть Волгограда отличается сильной расчлененностью линейных элементов рельефа (множество оврагов и балок, спрямленные участки долин рек, уступы разновысотных уровней, трещины и разрывы зон). Через 1 км Волгоград разделяют глубокие овраги и устья мелких рек, являющиеся мощным фактором в формировании рельефа. На территории Волгограда располагаются крупные овраги: на северном склоне Мамаева кургана, в районе моторного завода, овраги и склоны, входящие в системы рек Царица, Сухая и Мокрая Мечетки и заброшенный Латошинский карьер (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

*Результаты оценки оврагов Волгограда*

| Название района   | Название оврага                       | Примечание                        |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Тракторозаводской | Зареченский овраг                     | Рядом жилая застройка             |
| Краснооктябрьский | Вишневая балка                        | Рядом жилая застройка             |
| Дзержинский       | Балка Демидова<br>Овраг Проломный     | Рядом поселок Ангарский           |
| Центральный       | Овраг Долгий                          | Мамаев курган                     |
| Ворошиловский     | Овраг в устье р. Царица               | Рядом жилая застройка 2-х районов |
| Советский         | Балка Ельшанская                      | Рядом жилая застройка             |
| Кировский         | Балка Горная Поляна<br>Балка Веселая  | Рядом жилая застройка             |
| Красноармейский   | Балка Бирючья<br>Балка Чапурниковская | Нет жилой застройки               |

Обследование овражно-балочной сети по критериям пешеходной доступности, наличия рядом жилой застройки указывает на некоторые природные членения, благоприятные для выполнения рекреационной функции (Зареченский овраг, балка Горная Поляна, овраг в пойме р. Царицы). Территория овражно-балочной сети в Волгограде составляет более 33 % общей площади города, что подтверждает необходимость разработки рекомендаций по использованию оврагов на территории города в рекреационных целях для улучшения свойств природно-техногенно-социальной системы и экологического состояния. Освоение овражно-балочных территорий для рекреаций позволяет повысить степень благоустройства и привлекательности жилых районов и выделить дополнительные площади для строительства.

Освоение подземного пространства в условиях городской среды сопряжено с различными рисками, которые вызваны влиянием группы природных и антропогенных факторов. Использование подземного пространства как природного ресурса приводит к обрушению земной поверхности, безвозвратной потере ландшафтов, участков недр, нарушению нижних слоев литосферы, загрязнению подземных горизонтов вод. Перечень компонентов природной среды и характеристика негативного воздействия на них в период строительства и эксплуатации подземного сооружения приведены в табл. 2.

Таблица 2

*Перечень компонентов природной среды и характеристика негативного воздействия на них в период строительства и эксплуатации подземного сооружения в III природно-климатической зоне (г. Волгоград)*

| Наименование природного компонента | Характеристика воздействия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подземные и поверхностные воды     | Изменение условий питания, движения и разгрузки подземных и поверхностных вод, условий их взаимосвязи, качества подземных и поверхностных вод. Наиболее распространенным видом является гидродинамическое воздействие, выражающееся в изменении уровней подземных вод                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Воздействие на поверхностные воды  | Загрязнение поверхностных вод при строительстве, штатных или аварийных ситуациях при эксплуатации; изменение условий взаимодействия поверхностных вод с подземными водами; изменение русловых процессов (эрозии и аккумуляции) при прокладке дюкеров, сооружении дренажей, подпорных стенок и т. п. Особенно уязвимыми являются малые реки, озера и болота. Даже слабые нарушения уровенного режима, балансовой структуры и качества воды в них могут радикально изменить экологическую обстановку                                                                  |
| Почвы и грунты                     | Прямое воздействие строительной техники на почвы и грунты, залегающие в самом верхнем слое литосферы. При этом строительное воздействие прямо или косвенно влияет и на состояние наземных элементов ландшафта (почвы, растительность, сеть малых рек, болота и водоемы)                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Растительный и животный мир        | Нарушение почвенно-растительного слоя при строительстве является самым первым воздействием, которому подвергается природная среда в процессе строительства подземных сооружений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Социальная сфера                   | Общее понижение комфортности жизни людей, связанное:<br>- с дополнительным шумом и вибрацией на строительной площадке;<br>- с необходимостью обхода строительной площадки по неблагоустроенным путям;<br>- изменением направления транспортного потока в связи с перекрытием части или целой дорожной полосы и загрязнением воздуха выхлопными газами при снижении скорости и вынужденных остановках транспортного потока;<br>- загрязнением городского ландшафта изымаемым грунтом при строительстве;<br>- общим неэстетичным ландшафтно-архитектурным восприятием |
| Атмосферный воздух                 | Загрязнение воздуха за счет пыления и выброса в атмосферу выхлопных газов двигателей транспортных и землеройных машин (работа строительной техники и оборудования)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Таким образом, перечень характеристик окружающей среды, на которые могут оказать влияние строительство и эксплуатация подземных сооружений, следующий:

- уровень подземных вод (по горизонтам);
- режим подземных вод (по горизонтам);
- химический состав подземных вод (по горизонтам);
- агрессивность подземных вод (по горизонтам);
- условия питания подземных вод (по горизонтам);
- условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод (по горизонтам);
- условия защищенности подземных вод (по горизонтам);
- активность карстово-суффозионных процессов;
- активность склоновых процессов;
- плывуны;
- наличие других негативных инженерно-геологических явлений (пучение, просадки грунтов);
- радиометрическая обстановка территории;
- загрязненность почв;
- наличие охраняемых территорий (парков и лесопарков, памятников архитектуры, градостроительных комплексов и ансамблей);
- рекреационная ценность территории;
- эстетика ландшафта;
- наличие зеленых насаждений;
- качество атмосферного воздуха;
- социальные удобства.

Процедура составления прогнозной оценки основана на решении комплексной задачи с применением методов экспертной оценки. При применении метода оценки воздействия объектов на природную среду используют различные типы матриц. Матричный метод позволяет схематизировать компоненты окружающей среды, испытывающие воздействия, а также характеристики воздействия. Составление матриц и проведение по ним анализа воздействий позволяет установить качественные связи в системе «причины — следствие».

Применение матричного метода позволит на этапе оценки воздействий окружающей среды провести анализ негативных воздействий и определить их значимость. Построение имитационных моделей воздействия позволит установить показатели качества среды и проанализировать потенциальное воздействие: характер воздействия, обратимость, направленность воздействия.

В проектировании важное место занимают естественные членения ландшафта города (овражно-балочная сеть). Если позволяют природные ресурсы, их территории участвуют в подземном строительстве. После проведения обычных мер по благоустройству в овражных склонах могут быть расположены подземные пространства и помещения с информационной и торгово-развлекательной функциями (спортивная, выставочная и музейная деятельность, библиотеки, др.) и наземно-подземные части для организации открытых ландшафтных зон (парки, озелененные участки). Модификация основной теоретической модели градостроительной и природной ситуации Волгограда дает возможность использовать ее в аналогичных градостроительных ситуациях для других городов и климатических зон (рис. 5).

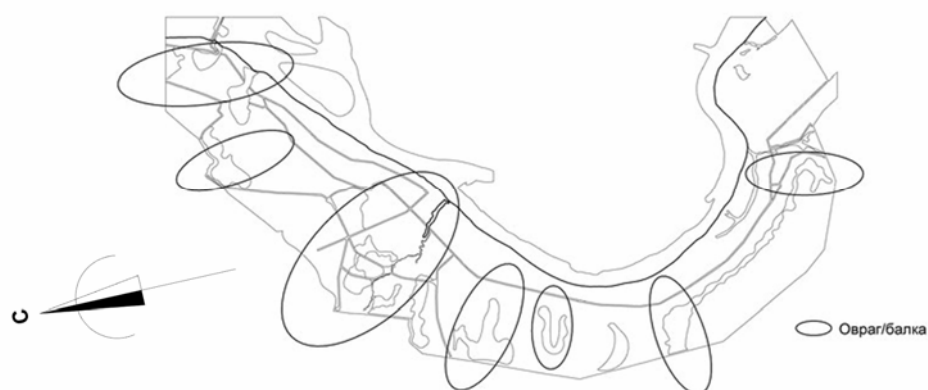


Рис. 5. Структурная схема определения природных территорий для подземного строительства

Проблема повышения эффективности использования территориальных ресурсов города становится актуальной в градостроительстве и требует новых подходов в научном исследовании и проектировании. В настоящем исследовании рассмотрено современное направление восстановления городских территорий — подземное освоение неудобных для строительства участков, к которым относится овражно-балочная сеть, имеющая широкое распространение в ландшафте Волгограда. Не использовавшиеся прежде пространства могут обеспечивать значительное увеличение городской территории и являться основой для архитектурно-ландшафтного проектирования объектов, выполняющих рекреационные функции. В исследовании разрабатывается система оценочных ландшафтно-градостроительных методов, необходимых для изучения ландшафтно-экологического состояния овражно-балочной сети и принятия целесообразного проектного решения по организации общественно-рекреационного пространства приречного города.

Впервые в теории градостроительного проектирования разработана гипотетическая модель подземного общественно-рекреационного пространства на основе овражно-балочной сети. Практическим значением и новизной исследования является обоснование градостроительной структуры подземно-надземного пространства, выполняющего рекреационную функцию в увязке с природными членениями ландшафта. Предлагаемое общественно-рекреационное пространство включает в свой состав подземные помещения (торгово-выставочные площади, спортивные залы, танцевальные площадки, музейные зоны), открытые озелененные парковые территории, надземную часть строительного объекта, перекрываемую современными конструкциями и эксплуатируемой кровлей с озеленением.

Исследована возможность размещения общественно-рекреационной структуры в оврагах различного размера и конфигурации г. Волгограда.

Проведенное исследование и изучение строительных возможностей овражно-балочной сети приречного города позволяет использовать освоение подземного пространства природных членений для организации общественно-рекреационной структуры, направленной на восстановление продуктивно-

сти ландшафта, повышение эстетического образа места, а также активного привлечения жителей и гостей города.

Изучение современного теоретического и практического опыта освоения подземного пространства позволило по-новому подойти к оценке незастроенных и неудобных участков ландшафта и разработать новую градо-экологическую методику выбора территорий под строительство с учетом особенностей местности III природно-климатической зоны (г. Волгоград).

Градо-экологическая методика основывается на структурной схеме оценки территории с учетом регионального природно-климатического фактора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляев В. Л. Планирование градостроительного освоения подземного пространства г. Москвы // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 35—46. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.1.35-46
2. Челюканова Е. Э., Горбунова В. С. Подземное пространство как резерв дополнительной полезной площади // Перспективы науки и образования. 2013. № 6. С. 189—194. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/podzemnoe-prostranstvo-kak-rezerv-dopolnitelnoy-poleznoy-ploschadi>
3. Теличенко В. И., Зерцалов М. Г., Конюхов Д. С. Состояние и перспективы освоения подземного пространства г. Москвы // Вестник МГСУ. 2010. Т. 4. № 4. С. 24—36.
4. Ушакова А. И. Использование подземного пространства для создания комфортной городской среды // Экология. Производство. Общество. Человек: материалы XXVI Международной науч.-практич. конф. Пенза: ПДЗ, 2014. С.167—171.
5. Ушакова А. И. Подземное пешеходное пространство Невского проспекта и площади Восстания // Фундаментальные исследования. 2016. № 1 (ч. 1). С. 79—88.
6. Проект освоения подземного пространства площади Восстания / ООО «Адитум». СПб., 2008. 15 с.
7. Беляев В. Л. Неотложные задачи развития подземного пространства столицы // Недвижимость: экономика, управление. 2011. № 1. С. 77—79.
8. Макишин В. Н., Фаткуллин А. А. Условия формирования и перспективы развития подземного пространства городов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. Отдельный выпуск № 4. Дальний Восток-1.
9. Рудяк М. С. Зависимости ценности городских гражданских подземных объектов от влияющих факторов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 2.
10. Рудяк М. С. Рациональное использование городского подземного пространства для гражданских объектов. М.: Изд-во МГГУ, 2003. 235 с.
11. Попов А. В., Демидова Е. В. Время как фактор архитектурно-пространственного формирования городской застройки // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. № 2. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/425-av2-2013/426-2-2013-popov-demidova>
12. Попов А. В., Васильева Л. Д., Лыжина Н. В. Комплексное освоение подземного пространства Екатеринбурга как фактор оздоровления жилой среды // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2009. № 2. С. 22—26. URL: <http://uniip.ru/images/stories/journal/2-2009/popov-vasileva-lyghina.pdf>
13. Попов А. В. Архитектурно-пространственная модель устойчивого развития крупных городов Урала // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 1. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/185-av-1-2011/188-1-2011-popov>
14. Гейл Я. Города для людей. М.: Альпина Паблишер. 2012. 263 с.
15. Попов А. В. Обеспечение устойчивости городских антропогенных ландшафтов над подземными сооружениями // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. № 1. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/57-av1-2010/88-1-2010-popov>
16. Иванова Н. В., Антонова Н. Н. Основы ландшафтного проектирования рекреационных зон для маломобильных групп населения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-2(47). С. 112—114. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.093

17. Ушакова А. И. Сохранение и создание благоустроенных и озелененных территорий при освоении подземных пространств мегаполисов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 (часть 2). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20112>

18. Олейников П. П. Архитектурное наследие Сталинграда. Волгоград: Издатель, 2012. 560 с.

© Иванова Н. В., Ганжа О. А., 2017

Поступила в редакцию  
в ноябре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Ганжа О. А. Градо-экологический потенциал формирования подземной архитектуры города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 472—485.

Об авторах:

**Иванова Нина Васильевна** — канд. арх., профессор, зав. кафедрой ландшафтной архитектуры и профессиональных коммуникаций, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1. ORCID:0000-0002-2472-1705, [ivanovaninav@mail.ru](mailto:ivanovaninav@mail.ru)

**Ганжа Ольга Александровна** — канд. техн. наук, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [ganzha\\_olga@mail.ru](mailto:ganzha_olga@mail.ru)

**N. V. Ivanova, O. A. Ganzha**

## URBAN ECOLOGICAL POTENTIAL OF THE DEVELOPMENT OF THE UNDERGROUND ARCHITECTURE IN THE CITY

The article deals with the urban ecological analysis of undeveloped areas in the city in terms of their use for the underground construction under difficult climatic conditions in the city of Volgograd as a factor of optimization of use of urban space. The evolution of theoretical and practical experience in design, construction and assessment of the city landscape for the underground development is considered. New urban ecological methodology for the selection of territories taking into account regional peculiar features of the area is revealed. The findings are prospective assessment of undeveloped territories in the landscape of the city of Volgograd for the design of the underground architecture. Experimental design is carried out in accordance with the developed structural model, allowing the selection of different planning spaces for the underground development taking into account the climatic aspects. Experimental design is aimed at the formation of new centers of social attraction for residents and visitors, affecting the activity of the youth and the attractiveness of city life.

**Key words:** urban environmental assessment, undeveloped landscapes, design of underground spaces.

## REFERENCES

1. Belyaev V. L. [Plans for Development of the Underground Space of Moscow]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2013, no. 1, pp. 35—46. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.1.35-46
2. Cheliukanova E. E., Gorbunova V. S. [Underground space as a reserve more useful area]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspective of science and education], 2013, no. 6, pp. 189—194.
3. Telichenko V. I., Zertsalov M.G., Konyukhov D.S. [Current state and prospects of the development of the underground space in Moscow]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2010, 4(4), pp. 24—36.
4. Ushakova A. I. [Use of the underground space for the creation of a comfortable urban environment]. *Ekologiya. Proizvodstvo. Obshchestvo. Chelovek: materialy XXVI Mezhdunarodnoi nauch.-praktich. konf.* [Ecology. Production. Society. Person. Proc. of the XXVI Int. Sci.-Pract. Conf.]. Penza, PDZ Publ., 2014. Pp. 167—171.



5. Ushakova A. I. [Underground public space of nevsky prospekt and Vosstaniya square]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2016, no 1 (part 1), pp. 79—88.
6. *Proekt osvoeniya podzemnogo prostranstva ploshchadi Vosstaniya* [The project of the development of the underground space of the area of Vosstaniya Square]. Saint-Petersburg, 2008. 15 p.
7. Belyaev V. L. [Priority tasks of the development of the underground space in the capital]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie* [Real estate: economics, management], 2011, no 1, pp. 77—79.
8. Makishin V. N., Fatkulov A. A. [Conditions of the formation and prospects of the development of the underground space in cities]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mountain information and analytical bulletin (scientific and technical journal)], 2010, individual issue, no. 4, Far East-1.
9. Rudyak M. S. [Dependences of the value of urban civil underground objects on the influencing factors]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)* [Mountain information and analytical bulletin (scientific and technical journal)], 2003, no. 2.
10. Rudyak M. S. *Ratsional'noe ispol'zovanie gorodskogo podzemnogo prostranstva dlya grazhdanskikh ob"ektov* [Rational use of the urban underground space for civil objects]. Moscow, MSPU Publishing House, 2003. 235 p.
11. Popov A. V., Demidova E. V. [Time as a factor of architectural and spatial formation of the citybuilding]. *Akademicheskii vestnik UralNIIProek RAASN* [Academic herald of UralR&Dproject RAACS], 2013, no. 2. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/425-av2-2013/426-2-2013-popov-demidova>
12. Popov A. V., Vasilijeva L. D., Lyschina L. V. [The complex development of underground space of the cite Ekaterinburg as the factor of improvement of the inhabitet environment]. *Akademicheskii vestnik UralNIIProek RAASN* [Academic herald of UralR&Dproject RAACS], 2009, no. 2, pp. 22—26. URL: <http://uniip.ru/images/stories/journal/2-2009/popov-vasileva-lyghina.pdf>
13. Popov A. V. [Architecturally-spatial model of a sustainable development of big cities of the Ural region]. *Akademicheskii vestnik UralNIIProek RAASN* [Academic herald of UralR&Dproject RAACS], 2011, no 1. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/185-av-1-2011/188-1-2011-popov>
14. Geil Ya. *Goroda dlya lyudei* [Cities for people]. Moscow, Alpina Publisher, 2012. 263 p.
15. Popov A. V. [Maintenance of stability of city anthropogenous landscapes above underground constructions]. *Akademicheskii vestnik UralNIIProek RAASN* [Academic herald of UralR&Dproject RAACS], 2010, no 1. URL: <http://uniip.ru/juornal/arhiv/soderghanie/57-av1-2010/88-1-2010-popov>
16. Ivanova N. V., Antonova N. N. [Fundamentals of landscape design for recreational areas limited mobility]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International research journal], 2016, no. 5-2(47), pp. 112—114. DOI: 10.18454/IRJ.2016.47.093
17. Ushakova A. I. [The preservation and creation of green and landscaped areas with the development of underground space of megacities]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 1 (part 2). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20112>
18. Oleinikov P. P. *Arkhitekturnoe nasledie Stalingrada* [Architectural heritage of Stalingrad]. Volgograd, Izdatel' Publ., 2012. 560 p.

*For citation:*

Ivanova N. V., Ganzha O. A. [Urban ecological potential of the development of the underground architecture in the city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 472—485.

*About authors:*

**Ivanova Nina Vasil'evna** — Candidate of Architecture, Professor, the Head of Landscape Architecture and Professional Communications Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ORCID:0000-0002-2472-1705, ivanovaninav@mail.ru

**Ganzha Ol'ga Aleksandrovna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ganzha\_olga@mail.ru

УДК 94(470.51)

**Ю. С. Калашникова, Е. В. Шагиева**

*Волгоградский государственный технический университет*

### **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ВНУТРИКВАРТАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА)**

Рассмотрены основные проблемы состояния благоустройства внутриквартальных территорий современного города в соответствии с типологией застройки и местонахождением в планировочной структуре, предложены приемы преобразования дворов на примере г. Волгограда.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** благоустройство дворовых территорий, внутриквартальное пространство, жилая среда.

С точки зрения организации городских общественных пространств двор любого многоквартирного жилого дома можно назвать переходной ступенью от личного пространства квартиры к территории общегородского пользования. Внутриквартальное пространство вне дома объединяет множество разобщенных людей, принадлежащих различным социальным и половозрастным группам, общим для которых является только соседство по придомовой территории. Поэтому на территории жилого двора формируются различные социальные группы, предъявляющие различные требования к организации пространства внутриквартальных территорий: владельцы автомашин, которым необходимо организовать места для стоянки; родители с детьми, недовольные близостью проезда с интенсивным автомобильным движением, загазованностью участка и отсутствием игровых площадок; владельцы собак, нуждающиеся в месте выгула для своих питомцев; люди пожилого возраста, ищущие тихого места для общения. Грамотное зонирование внутриквартальной территории и наполнение ее малыми архитектурными формами, озеленением, транспортными и пешеходными связями способно качественно повысить уровень комфортности проживания каждого субъекта городской среды, поэтому благоустройство территорий внутри жилых групп — одна из приоритетных задач современного города, рассматриваемая как в рамках нового строительства, так и при реконструкции сложившейся застройки [1, 2].

Решение задач по созданию благоприятной жизненной среды с обеспечением комфортных условий как для отдельного человека по месту проживания, так и для горожан в целом является целью комплексного благоустройства городских территорий. Мероприятия по комплексному благоустройству способны значительно улучшить экологическое состояние и внешний облик городов, создать более комфортные микроклиматические, санитарно-гигиенические и эстетические условия городских общественных пространств (СП 42.13330.2011). Для внутриквартального благоустройства создание комфортной среды особенно важно, так как жилье не может считаться комфортным при отсутствии соответствующей инфраструктуры.

Анализируя состояние внутриквартального благоустройства в сложившейся застройке большинства крупных российских городов (в том числе и Волгограда), можно отметить основные «проблемные места»:

непродуманность функционального зонирования, выраженная в неудачном взаиморасположении зон отдыха, парковки, игр и хозяйственной зоны внутриквартальной территории;

отсутствие четкой схемы транспортно-пешеходного движения, пересечение конфликтующих потоков;

неудовлетворительное состояние благоустройства и озеленения, моральное устаревание и несоответствие нормативным требованиям малых архитектурных форм (МАФ), старые деревья, зачастую являющиеся аллергенами.

Помимо вышеперечисленных проблем, в благоустройстве внутриквартальных территорий в зависимости от различных факторов имеются и другие. В зависимости от времени застройки квартала, плотности населения в микрорайоне, наличия или отсутствия определенных инфраструктурных показателей зависит и степень наполнения внутриквартальной территории. Поэтому благоустройство каждого отдельного двора формируется, прежде всего, исходя из особенностей каждого типа застройки. На решение о применении в различных типах застройки тех или иных элементов благоустройства или МАФ оказывают влияние следующие факторы:

место квартала застройки в планировочной структуре города;

типология жилой застройки;

геометрические и пропорциональные характеристики внутриквартальной территории.

Жилая среда в крупных современных городах представляет собой пеструю и многообразную картину. Это объясняется различными условиями ее формирования, которые зависят от особенностей структуры кварталов и характера застройки. Особенности кварталов, в свою очередь, большей частью зависят от их местоположения: в историческом центре, в срединной зоне или на периферии города [3, 4].

Чтобы определить наиболее оптимальные приемы внутриквартального благоустройства, необходимо рассмотреть типологию наиболее характерной жилой застройки на примере города Волгограда. Формирование городских территорий Волгограда пришлось на период с середины XIX в. по вторую половину XX в. В целом типы жилой застройки Волгограда можно классифицировать следующим образом:

периметральная застройка квартала;

плотная квартальная застройка;

застройка укрупненными кварталами;

микрорайон.

Каждый тип застройки можно рассматривать по следующим критериям:

социальные;

экономические;

планировочные;

архитектурно-пространственные;

природные.

Рассмотрим условия формирования структурных элементов градостроительной среды для каждого типа застройки г. Волгограда (рис. 1):

Тип I: историческая застройка центра города. По времени возведения данный тип застройки относится как к периоду 1920—1940 гг., так и к 1950-м гг. Особенностью исторических территорий этого вида является традицион-

ная квартальная система планировки с периметральной застройкой. Дома довоенной застройки возводились на любых свободных территориях. Строительство было подчинено стремлению максимально использовать площадь участков. В зависимости от их формы дома принимали самые разнообразные очертания в плане. Послевоенная застройка возникала в границах уже существующей улично-дорожной сети города, порой укрупняя сложившиеся кварталы и поглощая существующие улицы. Плотность застройки можно характеризовать как невысокую, преимущественная этажность — от 2 до 7 этажей. Для этой среды характерно беспорядочное чередование жилых и нежилых территорий (рис. 1, а, б). В то же время живущее здесь население обеспечено всеми видами обслуживания с высокой доступностью. При адаптации существующей формы участка застройки к проектному решению в подобном типе жилой застройки встречались незначительные нарушения инсоляционного режима, аэрации [5].

Общими недостатками плотно застроенных исторических кварталов являются: наличие морально устаревшего жилищного фонда с низкими санитарно-гигиеническими условиями, стесненность внутренних дворовых пространств, недостаток озеленения, повышенная загазованность и шум и т. д. [6].

Тип II: застройка массовыми сериями. Дворовые территории типовой 5-, 9-этажной застройки массовых серий 1960—1970 гг., представляют собой компактные по форме и размеру пространства с унифицированным набором оборудования детских, спортивных и хозяйственных площадок, что, безусловно, делает дворовое окружение однообразным (рис. 1, в). Такая однообразность и в настоящее время объединяет жилую среду данного периода застройки. К общим недостаткам можно отнести недостаточную плотность внутриквартальных проездов, отсутствие карманов для парковки.

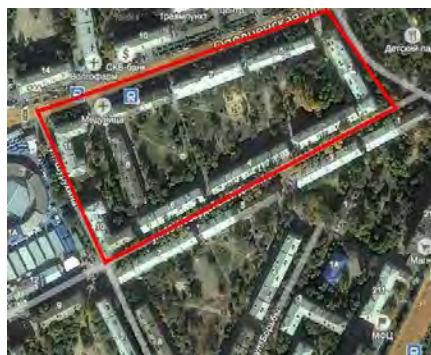
Тип III: укрупненные кварталы городов (рис. 1, г). Укрупненные кварталы — это жилая застройка вперемежку с административно-общественными учреждениями и территориями, торговыми помещениями, образовательными учреждениями.

Вследствие смешанного характера использования территории, в которой перемежаются жилые и нежилые здания, при отсутствии озелененных участков, санитарно-гигиенические условия проживания здесь становятся неудовлетворительными.

Тип IV: микрорайон как структурная единица городской застройки. Микрорайон (рис. 1, д) состоит из комплекса жилых домов и расположенных вблизи них учреждений повседневного пользования культурно-бытового обслуживания населения (детские сады, школы, торговые объекты), спортивных площадок и т. д. (начало их строительства — 1970-е годы).

Жилые дома расположены по периметру микрорайона группами ближе к центру микрорайона, что позволяет создать единое внутриквартальное пространство. Жилые группы домов запроектированы так, чтобы территория, ограниченная ими, была максимально защищена от воздействия неблагоприятных природных условий. Здания, располагающиеся вдоль транспортных магистралей, служат защитным экраном от ветров. Такие территории, как правило, плотно озеленены и имеют достаточно большие пространственные резервы, на которых возможно разместить все необходимые планировочные

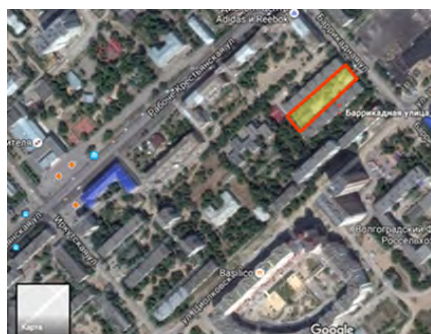
элементы благоустройства. Основная проблема внутриворового пространства — несомасштабность человеку, часто гипертрофированно увеличенная (для 9-, 16-этажной застройки), отсутствие зон личного контроля в структуре двора [7].



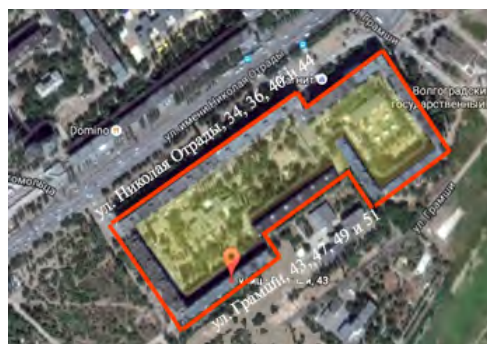
*а*



*б*



*в*



*г*



*д*

Рис. 1. Типология жилой застройки г. Волгограда: *а* — территория исторической квартальной застройки центра города (ул. Мира); *б* — типовая застройка массовых серий 60—70-х гг. (ул. Рабоче-Крестьянская, ул. им. Циолковского, ул. Баррикадная); *в* — укрупненный квартал (ул. Грамши, 43, 47, 49 и 51 и ул. Николая Отрады, 34, 36, 40 и 44); *г* — микрорайонная застройка района «7 ветров»

Таким образом, исследуя дворовые пространства в Волгограде, можно отметить, что в процессе эволюции городской многоквартирной застройки внутриквартальные территории утратили принадлежность людям. Двор как место для игр и отдыха исчез как таковой и для многих превратился в транзит между остановками общественного транспорта и собственной квартирой или место хранения автотранспорта. Оборудование детских и спортивных площадок за истечением эксплуатационного срока утратило свою привлекательность и функциональность, зачастую является просто опасным и не отвечающим современным требованиям. Внутриквартальная территория полностью не соответствует актуальным потребностям жизнедеятельности и быта. Совершенно очевидно, что жизненная среда в них не является полноценной и привлекательной [8].

Исходя из этого, можно сформулировать следующие рекомендации по комплексному благоустройству дворовых территорий:

1. Для решения проблем стихийных парковок автомобилей внутри квартала предлагается структурирование транзитных пространств с частичным выносом проездов и стоянок в междворовое пространство. Проезд внутри жилого двора имеет одностороннее движение шириной 3,5 м (рис. 2). Характерная особенность таких стоянок заключается в композиционном разнообразии приемов размещения деревьев и кустарников в качестве средств масштабного и функционального разграничения пространства.

2. В целях рационального функционального насыщения предусматривается создание различных функциональных площадок внутри двора: детская центральная площадка, площадка для детей младшего возраста и зона тихого отдыха (рис. 3). Таким образом, каждый участок внутриквартальной территории выполняет строго ограниченную функцию и рассчитан на определенную категорию населения. В процессе расположения функциональных зон особое внимание следует уделять конфликтным точкам, т. е. территориям, где пересекаются сразу несколько возрастных групп, или транспорт и пешеходы. Такие участки внутриквартальных территорий желательно разводить в пространстве [9].

3. Повышение комфортности жилой среды за счет организации системы озеленения коммуникативных (транзитных) пространств предусматривает смысловое ландшафтное акцентирование с применением средств современного ландшафтного дизайна [10].

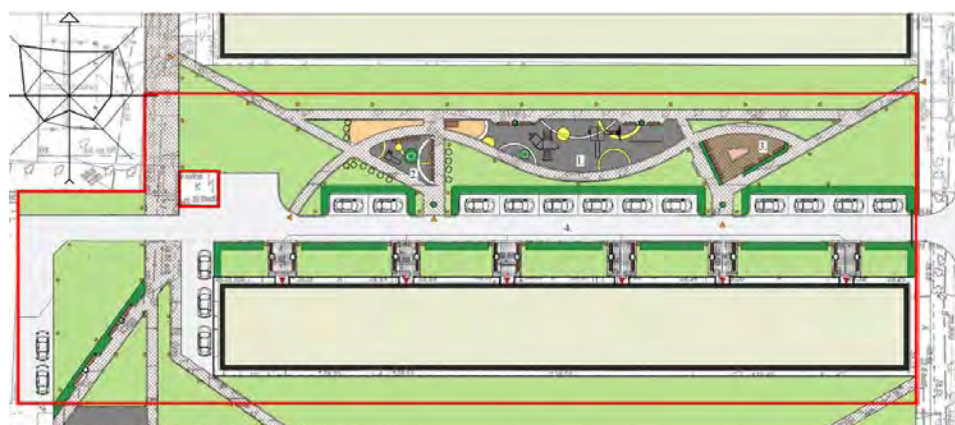


Рис. 2. Структурирование транзитных пространств внутри двора





Рис. 3. Схема функционального зонирования дворовой территории

4. Повышение комфортности жилой среды за счет организации системы озеленения коммуникативных (транзитных) пространств предусматривает смысловое ландшафтное акцентирование с применением средств современного ландшафтного дизайна.

Озеленение жилого двора должно быть плановым, стильным, а это требует знания ассортимента растений, используемых в конкретной климатической зоне, их биологических особенностей (рис. 4).



Рис. 4. Схема озеленения дворовой территории (проектное предложение для внутриквартальной территории типовой 5-этажной застройки г. Волгограда)

Если говорить о реновации существующей системы озеленения внутриквартальных территорий г. Волгограда, то прежде всего необходима замена большого количества деревьев, посаженных в середине прошлого века. Такие породы деревьев, как вязы (и прочие ильмовые), пирамидальные тополя и прочие не только являются аллергенами, но и в силу особенностей цветения и плодоношения загрязняют город. Поэтому замена состава зеленых насаждений, санация и декоративная обрезка существующих деревьев — одна из первоочередных мер в работе с озеленением дворовых пространств [11].

Не менее важно с помощью ландшафтных композиций выделить или при необходимости изолировать различные функциональные зоны [3].

Для создания особого неповторимого облика дворового пространства были выбраны следующие элементы оформления:

колоновидная форма березы повислой;

небольшие холмы с посадками свободно растущих живых изгородей, состоящих из крупных куртин 6 различных видов кустарников.

Помимо использования колоновидной формы березы, в проекте используется обычная форма березы повислой и сосны обыкновенной.

В качестве элемента оформления участков перед окнами домов были выбраны небольшие холмы с посаженными на них свободно растущими кустарниками. Кустарники имеют различную окраску листьев и стеблей, создавая, таким образом, разнообразие фоновых элементов в любое время года.

Адаптация среды к потребностям маломобильных групп населения (МГН) предусматривает условия беспрепятственного и удобного передвижения по территории квартала. Во многих странах при новом строительстве неотъемлемыми элементами двора являются пандусы для инвалидов-колясочников, предусматриваются пути движения с возможностью проезда на инвалидной коляске. Кроме того, игровая зона для детей зачастую оборудуется устройствами, предусматривающими возможность их использования детьми с физическими недостатками. Формирование доступной для инвалидов среды жизнедеятельности должно отражаться на содержании работ по проектированию и благоустройству [12].

Массовая автомобилизация, отсутствие парковок, неразвитая велосипедная культура привели к тому, что жертвой рациональности и экономичности объекта часто становится озеленение и благоустройство территории, общественные пространства между жилыми группами — все это создает огромную нагрузку на общегородские общественные пространства, в частности на парки и скверы, на которые сейчас существует запрос у горожан [13].

Таким образом, для эффективного решения вопросов благоустройства жилого двора необходимо применять комплексный подход, включающий объемно-планировочные, ландшафтно-экологические, социальные аспекты с учетом современных направлений архитектурного творчества, а также изменений в образе жизни современного человека. Отражая новые жизненные стереотипы, архитектор в какой-то мере может сам формировать их, создавая в жилой среде уют, красоту и аккуратность.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Малоян Г. А.* Основы градостроительства. М.: АСВ, 2004. 115 с.
2. СТО РААСН 01-2007. Реконструкция и модернизация жилищного фонда. Методическое пособие. М., 2008. 69 с.



3. Вергунов А. П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. Л.: Стройиздат, 1982. 135 с.
4. Змеул С. Г., Маханько Б. А. Архитектурная типология зданий и сооружений. М.: Архитектура-С, 2004. 240 с.
5. Шепелев Н. П., Шумилов М. С. Реконструкция городской застройки. М.: Высшая школа, 2000. 200 с.
6. Ананян И. И. Сравнительный ретроспективный анализ изменений нормативной базы развития жилой застройки // Современное промышленное и гражданское строительство. 2007. Т. 3. № 2. С. 79—86.
7. Давидович В. Г. Планировка городов и районов. Инженерно-экономические основы. М.: Стройиздат, 1964. 326 с.
8. Тетиор А. Н. Архитектурно-строительная экология. Устойчивое строительство. М.: РЭФИА, 2003. 447 с.
9. Федосова С. И. Рекомендации по оценке и формированию визуальной среды крупного города. Брянск, 2008. 128 с.
10. Калашикова Ю. С., Калашиков С. Ю. Особенности идентификации понятия «качество жизни» жителей линейных градостроительных образований // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. Вып. 1 (13). С. 3—7.
11. Хасиева С. А. Архитектура городской среды. М.: Стройиздат, 2001. 200 с.
12. Бутягин В. А. Планировка и благоустройство городов. М.: Стройиздат, 1974. 381 с.
13. Николаевская И. А. Благоустройство городов. М.: Высшая школа, 1990. 160 с.

© Калашикова Ю. С., Шагиева Е. В., 2017

Поступила в редакцию  
в марте 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Калашикова Ю. С., Шагиева Е. В. Актуальные вопросы благоустройства внутриквартальных территорий современного города (на примере г. Волгограда) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 486—494.

Об авторах:

**Калашикова Юлия Сергеевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры экспертизы и эксплуатации объектов недвижимости, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, jkalashnikova.vgasu@gmail.com

**Шагиева Елизавета Владимировна** — магистрант по направлению «Градостроительство», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, liza-2609@mail.ru

**Yu. S. Kalashnikova, E. V. Shagieva**

## CURRENT ISSUES OF THE IMPROVEMENT OF THE YARD TERRITORY OF A MODERN CITY (BY THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD)

The main problems of the state of the improvement of the yard territory of a modern city in accordance with the typology of the development and the location in the planning structure are considered. The methods to improve yards by the example of Volgograd are offered.

**Key words:** improvement of yards, block space, living environment.

### REFERENCES

1. Maloyan G. A. *Osnovy gradostroitel'stva* [Principles of town planning]. Moscow, ASV Publ., 2004. 115 p.
2. STO RAASN 01-2007. *Rekonstruktsiya i modernizatsiya zhilishchnogo fonda* [STO RAACS 01-2007. Reconstruction and modernization of dwelling stock]. Moscow, 2008. 69 p.

3. Vergunov A. P. *Arkhitekturno-landshaftnaya organizatsiya krupnogo goroda* [Architectural and landscape layout of a large city]. Leningrad, Stroiizdat Publ., 1982. 135 p.
4. Zmeul S. G., Makhan'ko B. A. *Arkhitekturnaya tipologiya zdaniy i sooruzheniy* [Architectural typology of buildings and structures]. Moscow, Arkhitektura-S Publ., 2004. 240 p.
5. Shepelev N. P., Shumilov M. S. *Rekonstruktsiya gorodskoi zastroiki* [Reconstruction of urban development]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2000. 200 p.
6. Ananyan I. I. [Comparative retrospective analysis of changes of normative base of development of dwelling building]. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Modern Industrial and Civil Construction], 2007, 3(2), pp. 79—86.
7. Davidovich V. G. *Planirovka gorodov i raionov. Inzhenerno-ekonomicheskie osnovy* [Layout of cities and districts. Engineering and economic principles]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1964. 326 p.
8. Tetior A. N. *Arkhitekturno-stroitel'naya ekologiya. Ustoichivoe stroitel'stvo* [Architectural and building ecology. Sustainable construction]. Moscow, REFIA Publ., 2003. 447 p.
9. Fedosova S. I. *Rekomendatsii po otsenke i formirovaniyu vizual'noi sredy krupnogo goroda* [Recommendations on assessment and formation of the visual environment of a large city]. Bryansk, 2008. 128 p.
10. Kalashnikov S. Y., Kalashnikova J. S. [Features identification of the concept of «quality of life» residents of urban linear formations]. *Biosfer'naya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biospheric compatibility: human, region, technologies], 2016, 1 (13), pp. 3—7.
11. Khasieva S. A. *Architecture of the urban environment*. Moscow, Stroiizdat Publ., 2001. 200 p.
12. Butyagin V. A. *Planirovka i blagoustroistvo gorodov* [Urban layout and renewal]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1974. 381 p.
13. Nikolaevskaya I. A. *Blagoustroistvo gorodov* [Urban renewal]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1990. 160 p.

*For citation:*

Kalashnikova Yu. S., Shagieva E. V. [Current issues of the improvement of the yard territory of a modern city (by the example of Volgograd)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 486—494.

*About authors:*

**Kalashnikova Yuliya Sergeevna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Examination and Exploitation of Real Estate Department, Volgograd State Technical University (VG TU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, jkalashnikova.vgasu@gmail.com

**Shagieva Elizaveta Vladimirovna** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, liza-2609@mail.ru

УДК 711.142

**Н. В. Коростелева, Р. Р. Бикмухамедова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЙМЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ РЕК НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА**

Анализируется проблема использования неудобных территорий в развитии города, а именно долин малых рек, которые рассматриваются как ресурс территориального развития. Предложен дальнейший путь градостроительного развития территорий города, по которым протекают малые реки, с целью улучшения качества городской среды. Рассмотрены преимущества и недостатки использования данных территорий в рекреационных целях. Даны рекомендации, которым необходимо следовать для сохранения и улучшения рекреационных свойств пойменных территорий.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** «неудобные» территории, пойменные территории малых рек, рекреационные зоны, озеленение общего пользования.

Глобальной тенденцией современности является высокий темп развития городов и их территориальное расширение. Повсеместный территориальный рост крупнейших городов страны обусловил повышение ценности земли, а грамотное и рациональное использование земельных ресурсов стало одной из важнейших задач градостроительства. Крупные городские образования занимают все новые территории, в результате чего в городской черте оказалось большое количество «неудобных» для строительства земель.

Территориальное расширение большинства городов долгое время происходило с исключением подобных территорий из сферы интенсивного градостроительного освоения. С повышением уровня инженерно-технической вооруженности градостроительной практики неиспользуемые до сего времени территории стали рассматриваться как основной территориальный резерв в развитии городов. Для этого предварительно проводится комплексная оценка градостроительного потенциала данных территорий.

Градостроительный потенциал — это количественная характеристика территории сохранять и приумножать свою «градостроительную ценность» [1]. В свою очередь, градостроительная ценность территории — мера способности территории удовлетворять определенные общественные требования к ее состоянию и использованию (СНиП 14-01—96 «Основные положения создания и ведения государственного градостроительного кадастра Российской Федерации»). Таким образом, градостроительный потенциал и градостроительная ценность неразрывно связаны с земельными участками и недвижимостью, основные свойства которых учитываются при составлении системы планирования, реконструкции и оценки.

Под термином «неудобные территории» понимаются овраги, косогоры, склоны и т. п., используемые как резервные территории для строительства.

Этот термин в нормативной документации не зафиксирован, подобные территории прописываются в основном как «прочие земли» наряду с другими территориями.

Таким образом, к неудобным территориям (НТ) можно отнести территории, которые соответствуют одному или нескольким из нижеприведенных определений:

1) территории, строительство на которых невозможно или оно ограничено по причине «неблагоприятных инженерно-геологических, гидрологических, орографических, санитарно-гигиенических условий» [2];

2) территории, на которых затруднено или невозможно строительство без проведения значительных по объему и сложности работ по инженерной подготовке и благоустройству. Это — территории, подверженные затоплению, с развитой овражной системой, с высоким горизонтом грунтовых вод и пр. [3];

3) территории, которые в естественном состоянии по инженерно-геологическим, морфологическим и гидрологическим характеристикам не могут использоваться для строительства в связи со сложными и дорогостоящими мероприятиями по инженерной подготовке [4];

4) «относятся территории, ограниченно пригодные в естественном состоянии для какого-либо конкретного вида градостроительного использования» [5];

5) поймы рек, надпойменные террасы, заовраженные территории, карьеры, каменоломни, подработанные территории, свалки и т. д.

Следовательно, к «неудобным» территориям можно отнести пойменные территории малых рек. К тому же долины малых рек оказывали существенное влияние на планировку города вплоть до того момента, пока они считались непригодными для строительства, сейчас они включены в границы городов и стали основным резервом его территориального развития. Принципиальное значение освоения таких земель в том, что наряду с преодолением недостатка территории для строительства, развитием озелененных и водных пространств, решаются задачи интенсификации использования земель и повышения комфортности условий окружающей среды [6]. Особенно это касается Волгограда, который имеет линейную градостроительную структуру.

Система водных объектов Волгограда является частью природной среды города, выполняет различные функции, в основе которых лежат:

- формирование ландшафтного облика города;
- создание благоприятного микроклимата;
- отвод ливневых и грунтовых вод.

Обязательным направлением при оценке состояния малых рек является оценка состояния прибрежных территорий.

Существующая система пойменных и прибрежных территорий представляет собой цепочку незастроенных площадей с частично сохранившимся озеленением в различной стадии антропогенной нарушенности. Имеют место незаконно размещенные постройки, некоторые участки русел завалены деревьями и мусором. Это связано, с одной стороны, со сложившимся отношением к речной системе и прилегающим территориям, как к «бесхозным неудобьям», не представляющим градостроительного интереса и требующим дорогостоящих инженерных решений при их освоении. С другой стороны, эти территории находятся под защитой природоохранного законодательства, ограничивающего хозяйственную деятельность.

В то же время прибрежные территории и сами водные объекты при правильной организации культурного ландшафта, озеленении способствуют восстановлению и оздоровлению среды обитания человека и города в целом. В последние годы градостроительная политика в основном строилась на активном освоении и застройке территорий города, забывая о сохранении естественной среды как необходимом элементе комфорта среды проживания.

Для исключения такой практики необходимо выявление участков с сохранившимся природным потенциалом для их реабилитации.

Малые реки и прибрежные территории должны стать центром общественного притяжения.

Основными направлениями развития прибрежных территорий должны стать:

- 1) максимальное сохранение речных долин;
- 2) обеспечение непрерывности речной сети, исключив практику забора рек в коллекторы;
- 3) сохранение видового разнообразия растений и животных, которые являются индикаторами условий обитания и рекреационно привлекательны;
- 4) обеспечение связи прибрежных территорий с крупными объектами природного комплекса города и создание на базе гидросети единой системы озеленения городских территорий.

В настоящее время широко обсуждаются варианты перспективного развития Волгограда, так как город практически исчерпал свой резерв благоприятных территорий под свое развитие. В связи с тем, что Волгоград очень вытянут в длину (около 100 км) одним из основных вариантов развития является рост города в сторону степей, что расширит его территорию, преобразуя сложившуюся исторически линейную структуру в наиболее удобную комбинированную. Однако рассматриваемые территории находятся в отдалении от Волги и, как следствие, имеют более засушливый климат по сравнению с уже освоенными землями. Поэтому еще одним вариантом для дальнейшего развития города без расширения его территориальных границ может быть освоение так называемых непригодных территорий в пределах городской черты, которые, при проведении соответствующих мероприятий по инженерной подготовке, могут использоваться под различные виды строительства. Особую привлекательность городскому пейзажу могут придать малые реки. Поэтому одну из основных целей реконструктивных проектов нужно определить как трансформацию ландшафтной системы пойменных территорий малых рек в эффективный и стабильно функционирующий градостроительный каркас.

Сейчас природоохранная политика базируется на принципах защиты элементов природного комплекса (ПК) и соблюдения установленных режимов градостроительной деятельности на его территориях. Между тем объекты ПК необходимо органично интегрировать в городскую систему, они должны использоваться как рекреационные или ландшафтно-экологические зоны сохранности и устойчивого развития природных сообществ, а также для создания качественной и экологически безопасной городской среды.

На сегодняшний день данные водотоки активно используются в различных областях народного хозяйства, например, как источники водоснабжения, для нужд сельскохозяйственного производства, ирригации и, конечно, рекреации.

Таким образом, можно сделать вывод, что природные ресурсы малых рек очень велики, но в настоящее время они особо нуждаются в бережном отноше-

нии к ним, постоянном внимании и заботе со стороны человека, поскольку экологические системы малых рек являются наиболее хрупкими и уязвимыми.

Современное состояние малых рек является критическим. Так качество воды в них оценивается как катастрофическое, это связано с возрастающей антропогенной нагрузкой. Значительно сократился и сток малых рек. К тому же, в последние годы, велико число рек, прекративших свое существование, а многие оказываются на пороге исчезновения. Так же не стоит забывать и о том, что именно малые водотоки, формируя средние и большие реки, определяют их экологическую чистоту.

Что касается степных зон, то там малые реки являются основными источниками водоснабжения для населенных пунктов, промышленных предприятий и сельскохозяйственных производств.

В условиях же характерного для г. Волгограда засушливого континентального климата, который характеризуется короткой и суровой зимой, стремительно наступающей весной и жарким сухим летом, экологическое состояние малых рек приобретает жизненно важное значение. Являясь начальными звеньями гидрографической сети, формирующими более крупные реки, они сильно реагируют на прямые (водозабор и сброс) антропогенные воздействия.

На сегодняшний день территория Волгоградской области располагает значительным потенциалом водного фонда, а экологическое состояние большинства водоемов характеризуется как весьма неудовлетворительное, а на отдельных участках даже напряженное.

Только по городу Волгограду протекает порядка 12 малых рек, ручьев и других источников с живым током. К малым рекам из них относятся: Мокрая Мечетка (протяженностью 20,8 км), Сухая Мечетка (протяженностью 7,5 км), Царица (протяженностью 19,2 км), Отрада (протяженностью 10 км) и Елшанка (протяженностью 10 км). Что касается режима всех городских малых рек и их притоков, то он примерно одинаковый у всех: весной они многоводны, летом сильно мелеют, иногда пересыхают, а после прохода паводковых вод в их поймах остаются протоки, рукава, плесы, заполненные водой. По уровню загрязнения реки города относятся преимущественно к 4 и 5 классам. А реки Сухая Мечетка, Царица (особенно в среднем и нижнем течении) относятся к числу наиболее загрязненных рек (7 класс).

Малые реки, относящиеся к чувствительным природным компонентам, достаточно сильно реагируют на изменения природной среды, и это отражается на их гидрологическом режиме и качестве воды. Высокие антропогенные нагрузки на их бассейны приводят к их резкому обмелению, заилению русел, уменьшению водности, сокращению рыбных ресурсов.

На сегодняшний день поверхностные водоемы города загрязняются сточными водами более чем 110 предприятиями и организациями. Помимо этого в водоемы сбрасываются ливневые стоки практически без проведения их предварительной очистки. Из-за этого увеличивается концентрация загрязняющих веществ и изменений в состоянии водоемов в сторону улучшения практически не происходит [7].

Свою негативную лепту вносят и рассредоточенные источники загрязнения (вынос загрязняющих веществ с канализационных стоков частного сектора, птицефабрики, водосбросы п. Максима Горького, складов удобрений и ядохимикатов, несанкционированных свалок и т.п.), в связи с чем возникает

реальная опасность биологического загрязнения рек патогенными вирусами и бактериями, что в свою очередь может привести к эпидемиологическим заболеваниям населения.

Таким образом, можно утверждать, что состояние водных объектов области требует принятия срочных мер по улучшению их экологического состояния. К ним можно отнести:

1) очистку русел малых рек от завалов мусора, аварийных и упавших в воду деревьев. Санитарную очистку и дноуглубление рек и водоемов, очистку от водной растительности, с приведением в порядок берегов;

2) для улучшения гидрологического состояния малых рек осуществление посадки лесозащитных полос по склонам водосборов малых рек и балок;

3) организацию мероприятий по борьбе с эрозией: агролесомелиоративные, лесомелиоративные, гидротехнические; противозерозионную организацию территорий с выделением подверженных эрозией площадей на всех водосборах малых рек; использование приемов, изменяющих микрорельеф поверхности для задержания поверхностного стока и уменьшения смыва почв;

4) обустройство территорий бассейнов малых рек.

Одним из способов благоустройства может стать проектирование рекреационных зон на данных территориях. К тому же поймы малых рек являются основными резервами для увеличения обеспеченности населения общегородскими озелененными пространствами.

На сегодняшний день можно говорить о том, что объекты озеленения общего пользования (парки, скверы, набережные и т. п.) являются одним из важных элементов благоустройства любого населенного пункта. Они необходимы не только для обеспечения комфортных условий для отдыха жителей, но и для улучшения состояния окружающей среды.

Значение озелененных территорий велико и многообразно. Они играют значительную роль в формировании окружающей человека среды, так как обладают свойствами улучшать санитарно-гигиеническую обстановку. Насаждения снижают силу ветра, регулируют тепловой режим, очищают и увлажняют воздух, что имеет огромное оздоровительное значение [8]. Видное место насаждения занимают в инженерном благоустройстве городов, так как с их помощью регулируется движение на автомагистралях, ведется борьба с оврагообразованием, снежными и песчаными заносами, селевыми потоками, пожарами (лиственные деревья и кустарники медленнее загораются, чем хвойные), осуществляется мелиорация.

Актуальность темы обусловлена еще тем, что благоустройство и озеленение является важнейшей сферой деятельности муниципального хозяйства. Именно в этой сфере создаются те условия для населения, которые обеспечивают высокий уровень жизни. Таким образом, создаются условия для здоровой, комфортной, удобной жизни как для отдельного человека по месту проживания, так и для всех жителей города, района, квартала, микрорайона.

Для того чтобы поддерживать благоприятное состояние городской среды, улучшать условия жизни и удовлетворять потребности в отдыхе горожан, существует такое понятие как «норма озеленения города» — это площадь озелененных территорий общего пользования, которая приходится на одного жителя города. В России единых норм озеленения сейчас нет. Их разрабатывает администрация того или иного района, края или населенного пункта.

К сожалению, в настоящее время во многих крупных городах Российской Федерации наблюдается сокращение площади существующих рекреационных территорий и передача площади потенциальных рекреационных территорий под застройку. Волгоград также не является исключением.

Так озелененность города значительно меньше той величины, которая принимается за оптимальную — на одного жителя города площадь зеленых насаждений в среднем составляет около  $10 \text{ м}^2$  при норме —  $25 \text{ м}^2$ . Уже сегодня город потребляет кислорода больше, чем его производят городские насаждения. Пока проблему решает циркуляция воздушных масс — воздух, насыщенный кислородом, поступает в город извне, но тем не менее уже сейчас при определенных погодных условиях (например, безветренная погода) горожане с ослабленным здоровьем ощущают недостаток кислорода.

В настоящее время в городе площадью 85 935,3 га насчитывается 12 389 га зеленых насаждений, из них только 1292,82 га — насаждения общего пользования, в том числе 852,0 га — посадки, высаженные до 1965 года. То есть около 80 % зеленых насаждений Волгограда старовозрастные посадки с выраженными процессами усыхания [9].

Наиболее распространенными приемами озеленения Волгограда являются рядовые посадки древесно-кустарниковых насаждений на тротуарах, бульвары, свекры при скромном количестве парков.

Ассортимент зеленых насаждений, применяемых в озеленении города, не велик, если учесть, что в Волгограде имеются богатейший опыт и селекционный материал для выращивания устойчивых и высоко декоративных насаждений для озеленения населенных мест. В дендрологических садах Волгограда могут предложить более 400 видов растений, которые прошли многолетние испытания на морозо-, соле-, засухоустойчивость и могут быть использованы для разного рода озеленения города: массового, дополнительного — при построении ландшафтных композиций и т. д. В настоящее время основными породами для озеленения скверов и парков города являются липа, клен, береза, ель, сосна. Внутриквартальное озеленение развивается чаще всего стихийно — здесь высаживаются вязы, тополя, а жители дополняют их плодовыми растениями и кустарниками. Вдоль улиц самый малочисленный видовой состав, он представлен тополем, березой и вязом.

Недостаток озелененных территорий, случайный характер их размещения, отсутствие действенной системы озеленения нарушает комфортность условий жизнедеятельности и затрудняет оздоровление городской среды. Хотя не секрет, что в условиях экологического неблагополучия зеленые насаждения являются одним из эффективных факторов оздоровления среды обитания человека.

Таким образом, можно говорить о том, что недостаток озелененных территорий в сочетании с неравномерным размещением и отсутствием системы озеленения приводит к тому, что зеленые насаждения не выполняют в достаточной степени свои основные функции по формированию и оздоровлению городской среды. Однообразие посадок зеленых насаждений подчеркивается бедным ассортиментом деревьев и кустарников и вызывает психологический дискомфорт у жителей города. Поэтому решение проблемы улучшения состояния и качества озеленения Волгограда также является весьма актуальным.



Для того чтобы обеспечить город достаточным количеством зеленых насаждений, необходимо увеличить площадь озеленения общего пользования до 2544 га, т. е. в два раза и провести реконструкцию старовозрастных посадок. Таким образом, на генеральном плане Волгограда необходимо изыскать порядка 1251 га свободных территорий. Помимо требований к общей площади озеленения, необходимо, чтобы данные объекты достаточно равномерно были распределены по территории города [10]. Наиболее полно данным требованиям отвечают территории пойм малых рек.

Роль территорий пойм малых рек в формировании планировочной структуры и внешнего облика городов имеет двоякий характер. В целом они формируют систему открытых пространств, обогащая город живописными панорамами, но при этом, рассекая территорию на отдельные части, они значительно усложняют транспортную схему, являясь серьезным препятствием при строительстве магистралей, инженерных сетей, пешеходных связей. К тому же к рекреационным объектам, расположенным на малых реках, предъявляют достаточно жесткие требования к качеству воды, температурному, уровенному режиму рек и климатическим условиям местности. Так, например, в местах рекреации качество воды в створах санитарного водопользования, как правило, определяется санэпидстанциями по показателям химического (нефтепродукты, ядохимикаты) и бактериального загрязнения. Необходимо также установить источники возможного загрязнения, расположенные выше существующего объекта. К тому же необходимо проанализировать суммарный объем сточных вод с подразделением по степени очистки, характеристики рельефа и водозабор.

Еще одной проблемой является сравнительно низкая самоочищающая способность малых рек, она связана с их сильно чувствительностью к различным видам загрязнения. Поэтому, для того чтобы их использовать в рекреационных целях, необходимо провести следующие водоохранные мероприятия:

- 1) установить предпочтительные для рекреации зоны водопользования и поддерживать в них допустимое качество воды;
- 2) обеспечить охрану береговых ландшафтов;
- 3) выполнить очистку русел и пойм рек;
- 4) избегать сброса неочищенных хозяйственно-бытовых стоков и коллекторных вод оросительных систем выше зон рекреационного водопользования либо осуществлять сброс на расстоянии, определяемом с учетом очищающей способности конкретной реки;
- 5) на берегах рек, используемых для массового отдыха, нежелательно размещать даже так называемые «чистые» предприятия.

Вообще рекреационная система пойменных территорий города выполняет разнообразные функции. К наиболее важным можно отнести:

- 1) градостроительную функцию, которая связана с разделением отдельных зон и структур населенного места, объединением частей в одно целое и повышением выразительности архитектурных ансамблей;
- 2) оздоровительную функцию, связанную с оптимизацией микроклимата и увеличением санирующего эффекта. Так, благодаря правильному размещению растительности и грамотному сочетанию открытых и закрытых участков в парке можно понизить скорость ветра, регулировать температурный и влажностный режим;

3) рекреационную функцию, связанную с созданием благоприятной среды для массового отдыха населения городов (сады, парки, скверы, аллеи и бульвары).

Таким образом, можно утверждать, что освоение пойменных территорий представляет собой сложнейшую градостроительную проблему, при решении которой необходимо учитывать большое количество входящих факторов. Данный аспект и обусловил во многих случаях сохранение пойм в наше время в качестве резерва свободных территорий города. Но, к сожалению, на сегодняшний день, вследствие неграмотной градостроительной организации данных территорий, идет нарушение экологической взаимосвязи в зоне, прилегающей к реке. Для того, чтобы сохранить пойменный ландшафт в урбанизированной среде, необходимо вмешаться в динамику развития наиболее подвижных его компонентов — водной среды и растительности и обеспечить на каждом этапе переход от одного уровня экологического равновесия к другому при общей направленности к антропогенизации ландшафта. Для сохранения участков природы, используемых для рекреационных целей, требуется проведение широкого круга работ по инженерному благоустройству — постоянных эксплуатационных и восстановительных.

Для того чтобы сохранить рекреационные пойменные территории, необходимо действовать в трех направлениях:

во-первых, осуществлять постоянный уход за пойменным ландшафтом, особенно условно неизменных и слабоизмененных; стремиться к уменьшению загрязнения за счет сокращения техногенных выбросов в атмосферу и вредных веществ в воду; бороться с вредителями и болезнями; осуществлять санитарные рубки леса, регулировать (ограничивать) хозяйственную деятельность;

во-вторых, проводить оптимизацию средне- и сильноизмененных (нарушенных) пойменных ландшафтов, для того чтобы превратить их в культурные;

в-третьих, выполнять консервацию некоторых ландшафтов, по средствам создания природных и национальных парков, заповедников, историко-культурных зон. Это необходимо как для сохранения генофонда растений и животных, так и для оздоровительных, культурных, водоохранных, почвозащитных и санитарных целей.

Если рассматривать пойменные территории малых рек Волгограда, то их использование под объекты рекреации является наиболее логичным решением. Это позволит улучшить экологический фон города. К тому же при должной степени благоустройства и уровне инженерной подготовки данных территорий сеть малых рек г. Волгограда может стать достаточно привлекательной территорией для освоения под объекты рекреационного назначения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авилова И. П., Аридова С. В., Фролов Н. В. Оценка градостроительного потенциала как основа комплексного территориального планирования // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 382—386.
2. Баймуратова С. Х. Динамика освоения неудобных территорий в структуре крупного города (на примере города Уфы): автореф. дис... канд. архит. М., 2005. 26 с.
3. Горохов В. А., Расторгуев О. С. Инженерное благоустройство городских территорий и населенных мест. М.: Стройиздат, 1994. 458 с.
4. Ефимчук В. В. Освоение «неудобных» территорий // Коммунальное хозяйство городов. 2002. Вып. 36. С. 53—57.

5. *Левашов В. К.* Устойчивое развитие общества: парадигма, модели, стратегия. М.: Академия, 2001. 174 с.
6. *Петерс Е. В.* Основы территориально-пространственного развития городов. Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2010. 120 с.
7. *Коростелева Н. В.* К вопросу обеспечения экологической безопасности на территории Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2014. Вып. 36(55). С. 258—263.
8. *Коростелева Н. В.* Освоение овражных территорий крупных городов под объекты озеленения как способ улучшения благоустройства территории на примере г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 46(65). С. 153—162.
9. *Коростелева Н. В.* Анализ состояния зеленого фонда, как части градостроительной структуры Волгограда // Экологические аспекты сохранения исторического и природно-культурного наследия: Всероссийская науч.-практич. конф. 4 апреля 2008 г. Волгоград: Изд-во ФГОУ ВПО ВАГС, 2008. С. 178—179.
10. *Коньшова О. В., Коростелева Н. В.* Освоение овражных территорий под объекты озеленения как способ благоустройства города Волгограда // «Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах»: сборник материалов Второй Всероссийской науч.-практич. конф. молодых ученых, г. Сочи, 5—9 октября 2015 г. / под ред. А. Н. Волкова, Е. Н. Куклиной. Сочи: РИЦ СГУ, 2015. С. 249—253.

© Коростелева Н. В., Бикмухамедова Р. Р., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

*Коростелева Н. В., Бикмухамедова Р. Р.* Градостроительный потенциал пойменных территорий малых рек на примере города Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 495—504.

Об авторах:

**Коростелева Наталия Владимировна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [korostelevanv@mail.ru](mailto:korostelevanv@mail.ru)

**Бикмухамедова Рушана Ринатовна** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**N. V. Korosteleva, R. R. Bikmukhamedova**

## URBAN DEVELOPMENT POTENTIAL OF FLOODPLAIN TERRITORIES OF SMALL RIVERS BY THE EXAMPLE OF THE CITY OF VOLGOGRAD

The article analyzes the problem of the use of inconvenient territories for the development of the city, namely, the valleys of small rivers, which are considered as a resource of the territorial development. The authors propose further way of the urban development of the city areas, where small rivers flow. The aim of this is to improve the quality of the urban environment. The advantages and disadvantages of the use of these areas for recreational purposes are considered. The recommendations that are to be followed to maintain and improve the recreational features of floodplains are provided.

**Key words:** «inconvenient» territories, floodplains of small rivers, recreational areas, greening of public spaces.

### REFERENCES

1. Avilova I. P., Aridova S. V., Frolov N. V. [Estimation of architectural potential as the basis of complex land use planning]. *Epokha nauki* [The era of science], 2015, no. 4, pp. 382—386.
2. Baimuratova S. Kh. *Dinamika osvoeniya neudobnykh territorii v strukture krupnogo goroda (na primere goroda Ufy)* [Dynamics of the development of inconvenient territories in the structure of a large city (by the example of the city of Ufa)]. Diss. Cand. Architecture. Moscow, 2005. 26 p.

3. Gorokhov V. A., Rastorguev O. S. *Inzhenernoe blagoustroystvo gorodskikh territorii i naselennykh mest* [Engineering improvement of urban territories and populated areas]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1994. 458 p.
4. Efimchuk V. V. [The development of "inconvenient" territories]. *Kommunal'noe khozyaistvo gorodov* [Municipal services in cities], 2002, no. 36, pp. 53—57.
5. Levashov V. K. *Ustoichivoe razvitie obshchestva: paradigma, modeli, strategiya* [Sustainable development of the society: paradigm, models, strategy]. Moscow, Akademiya Publ., 2001. 174 p.
6. Peters E. V. *Osnovy territorial'no-prostranstvennogo razvitiya gorodov* [Principles of territorial and spatial development of cities]. Kemerovo, Kuzbass State Technical University, 2010. 120 p.
7. Korosteleva N. V. [To the issue of provision of ecological safety on the territory of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2014, no. 36(55), pp. 258—263.
8. Korosteleva N. V. [The development of gully areas in large cities for planting as a way to improve the landscaping by the example of the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, no. 46(65), pp. 153—162.
9. Korosteleva N. V. [The analysis of the state of vegetation resources as a part of town planning structure of Volgograd]. *Ekologicheskie aspekty sokhraneniya istoricheskogo i prirodnokul'turnogo naslediya* [Ecological aspects of preservation of historical and natural and cultural heritage]. All-Russian Sci.-Pract. Conf., 4 April, 2008. Volgograd, the Publishing House of FSEI HPE RANEPa, 2008. Pp. 178—179.
10. Konyshcheva O. V., Korosteleva N. V. [The development of gully territories as objects of greening in order to improve the city of Volgograd]. *Aktual'nye voprosy gorodskogo stroitel'stva, arkhitektury i dizaina v kurortnykh regionakh* [Current issues of urban development, architecture and design in health resort regions]. Proc. of II All-Russian Sci.-Pr. Conf. of Young Scientists, Sochi, 5—9 October, 2015. Sochi, PPC of SSU, 2015. Pp. 249—253.

*For citation:*

Korosteleva N. V., Bikmukhamedova R. R. [Urban development potential of floodplain territories of small rivers by the example of the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 495—504.

*About authors:*

**Korosteleva Nataliya Vladimirovna** — Candidate of Engineering Science, Docent, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, korostelevanv@mail.ru

**Bikmukhamedova Rushana Rinatovna** — Master's Degree Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 625.712.63:711.582(470.45)

**Д. А. Мартынов, С. Г. Артёмова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ Г. ВОЛГОГРАДА**

Представлен анализ методики определения количества парковочных мест для территорий жилой застройки в городе Волгограде. Даны рекомендации по модернизации методики в зависимости от площади квартир.

**Ключевые слова:** парковка, дворовая территория, жилая застройка, , автомобилизация.

Дефицит парковочного пространства в городах выдвигает на одно из центральных мест в транспортных проблемах городов задачу комплексного решения парковок в жилой застройке.

Непрерывный рост городов, высокая плотность застройки и возросший уровень автомобилизации населения породили новые проблемы формирования комфортной среды в жилой зоне и необходимость реконструкции дворовых территорий с целью создания требуемого уровня их благоустройства. В решении задач обеспечения благоустройства особое значение имеет формирование рациональной функционально-планировочной структуры жилой зоны, важным элементом которой является транспортная составляющая в виде внутриквартальных проездов и временных стоянок во дворах.

**Уровень автомобилизации Волгоградской области 1993-2016 гг.**

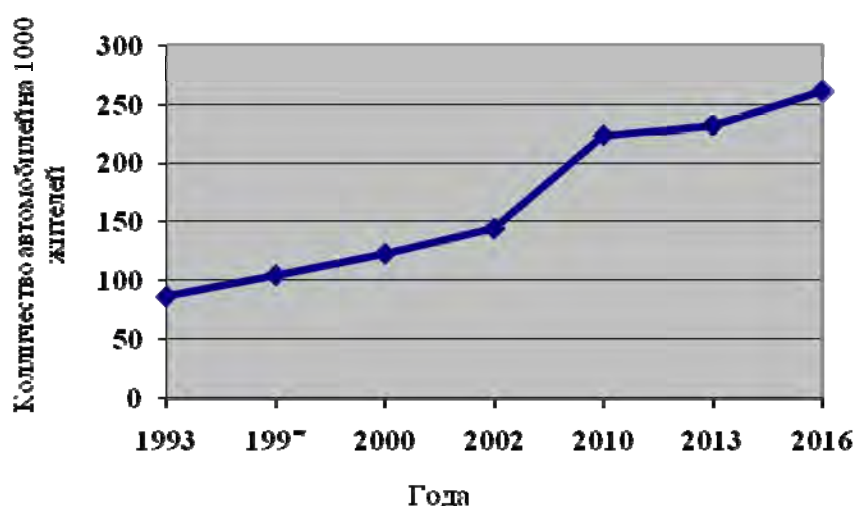


Рис. 1. График роста уровня автомобилизации в Волгоградской области в 1993—2016 гг.

Обследование дворов многоквартирных домов в г. Волгограде показало, что существующее обустройство дворовых территорий находится в неудовлетворительном состоянии, не отвечает современным требованиям и давно нуждается в реконструкции. Большинство придомовых территорий не оснащено специальными парковочными местами или их недостаточно.

Анализ современного состояния транспортной инфраструктуры городов, системы организации дорожного движения, научных исследований в области организации дорожного движения показывает высокую актуальность направления, связанного с разработкой развития системы организации дворовых парковок. В последние годы особое внимание уделялось диспропорции между темпами развития автомобилизации и темпами развития дорожной сети. В городах России обеспеченность местами для хранения автомобилей по месту проживания населения составляет в среднем 35...40 %.

Поэтому актуальной в целом для России и российских городов и регионов в частности является разработка системных концепций, в основе которых лежит определение спроса на парковки, дифференциация функционирования парковок в жилой застройке многоэтажных домов.

Принята следующая классификация жилых зданий: по признаку этажности различают четыре основных группы жилых зданий: малоэтажные (1...3 этажа), средней этажности (3...5 этажей), повышенной этажности (6...10 этажей), многоэтажные относительно массового строительства в крупнейших городах (10...25 этажей) [1].

Конструктивные решения жилых зданий классифицируют по обобщающему признаку строительной системы. Согласно этому признаку различают полносборные (панельные, каркасно-панельные, крупноблочные), монолитные и сборно-монолитные здания с несущими вертикальными конструкциями из бетона и железобетона и ненесущими наружными, слоистыми стенами кирпичными, панельными или комбинированными (из монолитного бетона и панелей); здания с несущими конструкциями из кирпича или камня, здания с металлическими несущими конструкциями (стальной каркас). Для малоэтажного строительства применимы также строительные системы с несущими конструкциями из древесины и здания с комбинированными строительными системами [1].

Наряду с ранее рассмотренными объемно-планировочными и конструктивными классификационными признаками жилища в настоящее время формируются классификационные характеристики, связанные с его стоимостью.

Радикальный переход в жилищной политике РФ от распределительной к рыночной практике в условиях многоукладной экономики, к зависимости стоимости от форм собственности на недвижимость способствовали формированию социального, муниципального, федерального и коммерческого жилища нескольких категорий в многоквартирных домах городского строительства.

Социальное жилище предназначено для наименее обеспеченных слоев населения, предоставляется муниципалитетом населению бесплатно и составляет в общем объеме городского жилищного строительства 10...15 %. Социальные дома проектируют многоквартирными, а квартиры в них — 11 категорий комфорта. Муниципальные многоквартирные дома проектируют с этажностью, обусловленной генеральным планом города, для продажи квартир населению, в том числе с различными формами льготного кредитования, ипотеки или социальными субсидиями.

Коммерческие дома проектируют без ограничений в размерах и комнатности квартир. В зависимости от стоимости квартир их в настоящее время делят условно на три (четыре) класса. Самые дорогие — «элитные» (дома «High End» и «De Luxe» — категории А), второй класс — дома люкс категории Б, третий и четвертый — дома бизнес- и эконом-класса. Разница в стоимости общей площади квартир в домах первой и четвертой категории — трех-четырёхкратная. Это отражается на объёмно-планировочном решении коммерческих домов, их конструкциях и размещении в городе. Кроме того, их все строят не по типовым, а преимущественно по индивидуальным проектам.

Дома бизнес- и эконом-класса проектируют многоквартирными (до 500 квартир). Сохраняются требования к развитой закрытой системе обслуживания, охране, встроенно-пристроенным гаражам.

Под строительство домов бизнес- и эконом-классов отводят окраинные, но престижные участки с хорошей экологической обстановкой, удобными транспортными связями и развитой инфраструктурой.

Основными видами жилой застройки для Волгограда являются<sup>1</sup>:

- 1) застройка малоэтажными индивидуальными жилыми домами до 3 этажей;
- 2) застройка малоэтажными многоквартирными жилыми домами до 4 этажей;
- 3) застройка малоэтажными многоквартирными жилыми домами до 4 этажей на территориях, планируемых к реорганизации;
- 4) застройка многоэтажными многоквартирными жилыми домами 5 этажей и выше;
- 5) застройка многоэтажными многоквартирными жилыми домами 5 этажей и выше на территориях, планируемых к реорганизации;
- 6) смешанная застройка жилыми домами;
- 7) планируемая жилая застройка.

Все виды жилищного фонда подразделяются по уровню комфорта, который устанавливается в задании на проектирование с перечнем требований к габаритам и площади помещений, составу помещений жилья, а также инженерно-техническому оснащению, обеспечивающему возможность регулирования в процессе эксплуатации санитарно-гигиенических параметров воздушной среды, и имеют следующую классификацию:

- 1) индивидуальный жилищный фонд: престижное (бизнес-класса), массовое (эконом-класса) жилье;
- 2) жилищный фонд социального использования: законодательно установленная норма комфорта для государственного и муниципального жилищного фонда, предоставляемого по договорам социального найма;
- 3) специализированный жилищный фонд (служебные жилые помещения, жилые помещения в общежитиях, жилые помещения маневренного фонда, жилые помещения в домах системы социального обслуживания населения, жилые помещения для социальной защиты отдельных категорий граждан): законодательно установленная норма комфорта в специализированном жилищном фонде в зависимости от назначения жилья.

---

<sup>1</sup> Решение от 30 января 2013 г. № 72/2156 «Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования городского округа город-герой Волгоград».

Основным расчетным показателем, необходимым для расчета объектов обслуживания транспорта, а также для определения количества мест постоянного и временного хранения автотранспорта у объектов общественно-делового назначения и в жилых зонах, является уровень автомобилизации населения, а также уровень обеспеченности населения личным автотранспортом. Также пропускную способность улично-дорожной сети следует определять исходя из расчетного уровня автомобилизации и объемов работы всех видов транспорта. Уровень автомобилизации населения Волгограда по этапам приведен в табл. 1.

Таблица 1

*Уровень автомобилизации населения Волгограда по этапам*

| Этап     | Расчетный уровень автомобилизации<br>(автомобилей на 1000 жителей) | Год     |
|----------|--------------------------------------------------------------------|---------|
| 1-й этап | 355                                                                | На 2015 |
| 2-й этап | 455                                                                | До 2025 |
| 3-й этап | 500                                                                | До 2040 |

Примечание. Данные показатели могут корректироваться в зависимости от ситуации на территории городского округа.

Уровень обеспеченности населения личным автотранспортом составляет до 85 % от уровня автомобилизации.

Размещение мест временного хранения личного транспорта в границах жилых районов должно осуществляться из расчета уровня комфорта жилых домов в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

*Расчетное количество мест временного хранения личного транспорта в жилых районах исходя из уровня комфорта проживания*

| Уровень комфорта жилых территорий | Расчетное количество мест временного хранения личного транспорта<br>(автомобилей на семью) | Примечание |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Жилые территории бизнес-класса    | 1,5...2,0                                                                                  |            |
| Жилые территории эконом-класса    | 1,0                                                                                        |            |
| Социальное жилье (муниципальное)  | 0,8                                                                                        |            |
| Специализированное жилье          | 0,3...0,5                                                                                  |            |

Открытые автостоянки для временного хранения (парковки) легковых автомобилей должны предусматриваться не менее чем для 70 % расчетного парка индивидуальных легковых автомобилей, в том числе:

- жилые районы — 40 %;
- производственные зоны — 10 %;
- обшегородские центры — 10 %;
- зоны массового кратковременного отдыха — 10 %.

Расчет автостоянок выполняется в соответствии с требованиями нормативного документа (СП 42.13330.2011 «СНиП 2.07.01—89\*». Градостроитель-



ство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»), входящего в перечень национальных стандартов и сводов правил (Распоряжение от 21.06.2010 № 1047-р).

Определяем расчетное число автомобилей по формуле:

$$(A \cdot N_{\text{ж}}) / 1000 = N_{\text{авт}},$$

где  $A$  — уровень автомобилизации (обеспеченность населения индивидуальными легковыми автомобилями, принимается на основании Техно-экономических показателей генерального плана развития городского округа — муниципального образования «Город Волгоград» на период до 2025 года;  $N_{\text{ж}}$  — количество жителей, рассчитанное на основании жилищной обеспеченности исходя из принятого типа жилых домов по уровню комфорта;  $N_{\text{авт}}$  — расчетное число транспортных средств.

В соответствии с п. 6.33 СНиП 2.07.01—89\* для постоянного хранения индивидуальных легковых автомобилей принимаем не менее 90 % расчетного числа транспортных средств:

$$N_{\text{авт}} \cdot 0,9 = N_{\text{авт.пост.хр.}}$$

В соответствии с п. 6.33 СНиП 2.07.01—89\* для временного хранения индивидуальных легковых автомобилей принимаем не менее 25 % расчетного парка индивидуальных легковых автомобилей для жилого района:

$$N_{\text{авт}} \cdot 0,25 = N_{\text{авт.врем.хр.}}$$

Для гостевых автостоянок не устанавливаются санитарные разрывы до нормируемых объектов — дворовых площадок проектируемого жилого дома (домов), но регламентируются противопожарные разрывы в соответствии с п. 6.39\*, табл. 10\* СНиП 2.07.01—89\*, вошедшего в перечень национальных стандартов и сводов правил (Распоряжение от 21.06.2010 № 1047-р). При этом отмечается, что гостевые автостоянки должны быть размещены в границах отведенной территории как неотъемлемая часть объекта капитального строительства — проектируемый жилой дом (дома) на основании требований ч. 1 ст. 48 Градостроительного кодекса РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ. При проектировании гостевых автостоянок не допускается ухудшение условий проживания на прилегающей территории существующей застройки (ст. 10 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений») [2, 3].

В современных жилых комплексах местами должны быть обеспечены не менее 90 % расчетного числа легковых автомобилей будущих жильцов в границах жилой застройки и на прилегающих территориях в пределах пешеходной доступности — не более 800 м, а в районах реконструкции или с неблагоприятной гидрогеологической обстановкой — не более 1,5 тыс. м.

Для посетителей жилого комплекса и располагающихся на прилегающей к нему территории объектов также должна быть предусмотрена гостевая парковка в виде открытых площадок. Такие стоянки должны проектироваться из расчета не менее чем для 25 % расчетного парка индивидуальных легковых автомобилей при пешеходной доступности [4—6].

Из этого следует, что количество мест для хранения и парковки автомобилей, как правило, связано с расчетной численностью населения застройки и

не зависит напрямую от количества квартир. В таких случаях зависимость устанавливается с учетом класса застройки. Коэффициент 1,5...2 для жилых территорий бизнес-класса, 1 — эконом-класса, 0,8 — для социального жилья.

Движение в сторону комплексного освоения территорий — это развивающийся тренд, который позволит обеспечить граждан страны доступным и комфортным жильем. Застройщики, планирующие долгосрочное построение бизнеса в сфере возведения жилья, должны сегодня ориентироваться именно на такой подход. Сегодня он не допускает получения сверхприбылей за счет снижения качества жизни, однако позволяет возводить ликвидное жилье с учетом запроса общества.

За рубежом отсутствует понятие «дворовая парковка», следовательно, отсутствуют и исследования в данной области. В основном в Европе используют подземные и наземные парковки, как таковые парковки в жилой зоне встречаются крайне редко. В разные периоды времени многие ученые посвятили свои научные исследования [7—14] проблемам, связанным с парковкой автомобилей в городах. К сожалению, особенности расселения и типов застройки, существенные различия в социально-экономической стратегии планирования и подходов к решению проблем парковки автомобилей зарубежными исследователями не позволяют в полной мере использовать их рекомендации и полученные ими результаты для условий нашей страны.

В связи с отсутствием необходимого банка статистических данных, создание которого связано с необходимостью проведения постоянных массовых наблюдений за численностью и плотностью проживания населения, числом автовладельцев, загрузкой дворов и автостоянок автомобилями, мониторинга свободных от застройки территорий и т. п., многие исследователи рекомендовали определять необходимое число машино-мест для конкретного объекта или территории с использованием вероятностных математических методов, что дает весьма приблизительные результаты.

**Заключение.** Предлагается методика определения потребности в местах хранения и парковки автомобилей в зависимости от площади квартир. Установить показатель количества мест для постоянного хранения автотранспорта от 1,4 машино-места на 100 м<sup>2</sup> общей площади квартир для социального типа жилья, до 2,9 — для высококомфортного (1,9 — для массового, 2,6 — для комфортного). Согласно данной методике ожидается прирост количества парковочных мест на 17 % м<sup>2</sup> общей площади квартир в зависимости от типа жилых домов по уровню.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архитектура: учебник / Т. Г. Маклакова, С. М. Нанасова, В. Г. Шарапенко, А. Е. Балакина. М.: АСВ, 2004. 464 с.
2. *Артемова С. Г.* Модель формирования максимальной загрузки дворовых территорий паркующимися автомобилями // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 22(41). С. 52—58.
3. *Артемова С. Г.* Определение зоны влияния автостоянки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 23(42). С. 92—96.
4. *Артемова С. Г., Артемов С. Н.* Анализ аварийности на дворовых территориях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 24(43). С. 91—96.
5. *Алексеев Ю. В., Леонтьев Б. В.* Особенности формирования автостоянок в жилых образованиях с надземными территориями // Жилищное строительство. 2009. № 9. С. 2—5.

6. *Серебров Б. Ф.* Проблемы размещения автостоянок и объектов автосервиса в жилой застройке крупного города // Известия вузов. Строительство. 2006. № 7. С. 60—66.
7. *Hino Y., Nishimura T., Murakami M.* Analyses on supply and subsidiary effect for urban off-street parking facilities based on profitability analyses model // Mem. Fac. Eng. 1993. No. 34. Pp. 125—136.
8. *Bell G.* Resident's parking in Richmond // Traffic Eng. and Control. 1992. Vol. 33. No. 5. Pp. 299—305.
9. *Calthrop E., Proost S.* Regulating urban parking: the choice between meter fees and time restrictions // ETE working paper 2000-06, CES, K.U. Leuven, 2000. 266 p.
10. *Daniel B. Hess.* The Effects of Free Parking on Commuter Mode Choice: Evidence from Travel Diary Data. California, 2001. 25 p.
11. *Direnzo J. F., Cima B., Barber E.* Study of Parking Management Tactics. Washington: US Dep. of transportation, Federal Highway Administration, 1980. 83 p.
12. *Shoup D. C.* The Trouble With Minimum Parking Requirements // (UCLA) Transportation Research. Part A. 1999. Vol. 33. Pp. 549—574.
13. *Ferguson E.* Zoning for Parking as Policy Process: A Historical Review // Transport Reviews. 2004. Vol. 24 (2). Pp. 177—194.
14. *Gerlah V. J., Dohmen R., Blochwitz H.* Kennlinien der Parkraumnachfrage. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. N. W., 2000. Pp. 25—47.

© Мартынов Д. А., Артёмова С. Г., 2017

Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Мартынов Д. А., Артёмова С. Г. Анализ методики определения количества парковочных мест дворовых территорий жилой застройки г. Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 505—512.

Об авторах:

**Мартынов Дмитрий Андреевич** — магистрант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

**Артёмова Светлана Георгиевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

**D. A. Martynov, S. G. Artemova**

# THE ANALYSIS OF THE TECHNIQUE OF DETERMINATION OF THE NUMBER OF PARKING LOTS ON COURTYARD TERRITORIES OF RESIDENTIAL DEVELOPMENTS IN VOLGOGRAD

The article provides the analysis of the technique of determination of the number of parking lots for the territories of residential developments in Volgograd. The recommendations on the upgrading of the technique depending on flat area are given.

Key words: parking lot, courtyard territory, residential development, motorization.

## REFERENCES

1. *Maklakova T. G., Nanasova S. M., Sharapenko V. G., Balakina A. E.* *Arkhitektura* [Architecture]. Moscow, ASV Publ., 2004. 464 p.
2. *Artemova S. G.* [Formation model of yards peak load of park cars]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, no. 22(41), pp. 52—58.

3. Artemova S. G. [Zone determination of influence parking]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, no. 23(42), pp. 92—96.
4. Artemov S. N., Artemova S. G. [Accident analysis in courtyard territories]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2011, no. 24(43), pp. 91—96.
5. Alekseev Yu. V., Leontiev B. V. [Features of Forming of Car Parks at Housing Estates with Overground Areas]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction], 2009, no. 9, pp. 2—5.
6. Serebrov B. F. [Problems of parking lots' and autoservice objects placement in alive city construction]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], 2006, no 7, pp. 60—66.
7. Hino Y., Nishimura T., Murakami M. Analyses on supply and subsidiary effect for urban off-street parking facilities based on profitability analyses model. *Mem. Fac. Eng.*, 1993, no. 34, pp. 125—136.
8. Bell G. Resident's parking in Richmond. *Traffic Eng. and Control*, 1992, 33(5), pp. 299—305.
9. Calthrop E., Proost S. Regulating urban parking: the choice between meter fees and time restrictions. *ETE working paper 2000-06*, CES, K.U. Leuven, 2000. 266 p.
10. Daniel B. Hess. *The Effects of Free Parking on Commuter Mode Choice: Evidence from Travel Diary Data*. California, 2001. 25 p.
11. Drenzo J. F., Cima B., Barber E. *Study of Parking Management Tactics*. Washington, US Dep. of transportation, Federal Highway Administration, 1980. 83 p.
12. Shoup D. C. The Trouble With Minimum Parking Requirements. *(UCLA) Transportation Research*, Part A, 1999, vol. 33, pp. 549—574.
13. Ferguson E. Zoning for Parking as Policy Process: A Historical Review. *Transport Reviews*, 2004, vol. 24 (2), pp. 177—194.
14. Gerlah V. J., Dohmen R., Blochwitz H. *Kennlinien der Parkraumnachfrage*. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. N. W., 2000. Pp. 25—47.

*For citation:*

Martynov D. A., Artemova S. G. [The analysis of the technique of determination of the number of parking lots on courtyard territories of residential developments in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 505—512.

*About authors:*

**Martynov Dmitrii Andreevich** — Master's Degree Student of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

**Artemova Svetlana Georgievna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)

УДК 711.553.2(470.45-25)

**С. Е. Стеценко, А. В. Антюфеев, Д. А. Нагаткин, О. Е. Емельянова**

*Волгоградский государственный технический университет*

# **ГРАДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ АВТОТРАНСПОРТА В СЛОЖИВШЕЙСЯ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛГОГРАДА)**

Исследуется проблема обеспечения парковочными местами сложившихся жилых территорий. Анализируются результаты натурных наблюдений определения емкости парковок жилой территории, сформированной в 1980-х годах в г. Волгограде. Предлагается сравнение с существующими градостроительными нормами.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** расчет парковочных мест, емкость парковок, реконструкция, жилая застройка.

Организация и обеспечение городских территорий парковочными местами всегда сложная для разрешения задача. Градостроитель, в большинстве случаев, вынужден действовать в рамках уже сложившейся застройки, подчиняясь ограниченности в выборе решения, учитывая потребности территории, но в тоже время опираясь на существующие нормы. Особую трудность вызывает обеспечение парковочными местами жилой застройки как уже существующей, так и вновь формируемой.

Жилой фонд крупнейших городов России разнообразен, массово представлена застройка послевоенного и индустриального периодов строительства, имеющая специфичные черты градостроительной организации внешнего жилого пространства.

Формирование жилых территорий в 1950—1960-е годы регламентировалось санитарными нормами, действующими на тот момент, которые не предусматривали расчет необходимых машино-мест для индивидуального автотранспорта. Согласно СН 41-58 «Правила и нормы планировки и застройки городов» количество автомобилей индивидуального пользования рекомендовалось принимать на проектный срок от 30 до 50 на 1 тысячу жителей. Для постоянного хранения автотранспорта нормами предусматривалось размещение гаражей боксового и манежного видов, открытые стоянки рекомендовалось организовывать на территориях, изолированных от жилых домов и детских площадок. Расчет вместимости автостоянок предусматривался лишь для таких объектов, как театры и кино, стадионы, вокзалы и административные здания. В связи с нормами 1958 года проезды внутри жилой застройки 1950—1960-х годов имеют ширину 3,5 м, не имеют тротуаров и парковочных карманов.

Кроме того, современные условия развития городских территорий привели к вымыванию жилой функции с первых этажей жилых зданий. Согласно исследованиям, проведенным в г. Челябинске, в последние годы темпы перевода жилого фонда в нежилой достигли значительных величин. Так, в центральной зоне города нежилые помещения на первых этажах жилых зданий составили 35...40 %, в срединной — до 25...30 % и в периферийной зоне — 15...20 % от жилого фонда [1]. Как правило, жилую функцию занимают не-

большие магазины, офисные помещения или подразделения городской и районных администраций. Все эти факторы провоцируют ряд сложностей эксплуатации жилых территорий 1950—1960-х годов и требуют реконструктивных мероприятий по организации парковочных мест с учетом современных требований и ситуаций.

Застройка 1970—1980-х годов строительства формировалась уже с учетом изменившихся в стране уровня автомобилизации и градостроительных требований. При расчете пропускной способности транспортной сети на тот момент рекомендовалось принимать 150...180 автомобилей на 1 тысячу жителей.

Для временного размещения автомобилей по СНиП II-60—75<sup>\*\*</sup>. «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов» предусматривали организацию открытых площадок из вместимости 25 % количества граждан, проживающих в данном микрорайоне. Проезды к жилым домам высотой 9 этажей и более предусматривались шириной не менее 3,5 м вдоль обеих продольных сторон многосекционных жилых домов, а также двухполосные проезды — шириной 5,5 м. В проекты закладывалось наличие тротуаров и разъездных площадок через каждые 100 м, шириной 6 м и 15 м длиной при движении в одну полосу. На первых этажах жилых зданий, формирующих главные магистрали микрорайонов города, изначально предусматривались встроенные помещения.

Сохранившаяся привлекательность застройки 1970—1980-х годов обоснована наличием всего набора функций современного жилища за приемлемые деньги. Мероприятиями по оптимизации жилой застройки, по мнению авторов, следует назвать организацию парковочных мест внутри застройки, особенно в случаях однополосного проектного проезда. Застройка со встроенными помещениями, обеспеченная двухполосным проездом, демонстрирует зачастую практически полное отсутствие недостатка в размещении автотранспорта, что явилось причиной проведения данного исследования.

Рассмотрим некоторый анализ наблюдений, проведенных авторами, в пределах жилой застройки, сформированной девятиэтажными жилыми зданиями 80-х годов XX в. строительства. Жилые дома, образующие внутриворовое пространство, находятся в Тракторозаводском районе г. Волгограда. На схеме выделены жилые дома со встроенными помещениями на первых этажах и жилые дома без встроенных помещений. Жилые дома со встроенными помещениями расположены вдоль магистрали общегородского значения — ул. Николая Отрады. Внутриворовые проезды — двухполосные, имеют тротуар.

Целью исследования стало определение емкости существующих парковочных мест, расположенных вдоль фасадов жилых зданий 80-х годов XX в. строительства, и анализ их достаточности.

Авторами были поставлены следующие задачи:

1. Определить емкость существующей парковки у каждого жилого дома в часы наибольшей нагрузки.
2. Сравнить количество машино-мест, занятых на парковочных местах у жилых домов со встроенными помещениями и без встроенных помещений.
3. Выявить усредненное число машино-мест для одной секции 9-этажного жилого дома.
4. Сравнить результат с нормативными расчетами, по существующим градостроительным нормативам.



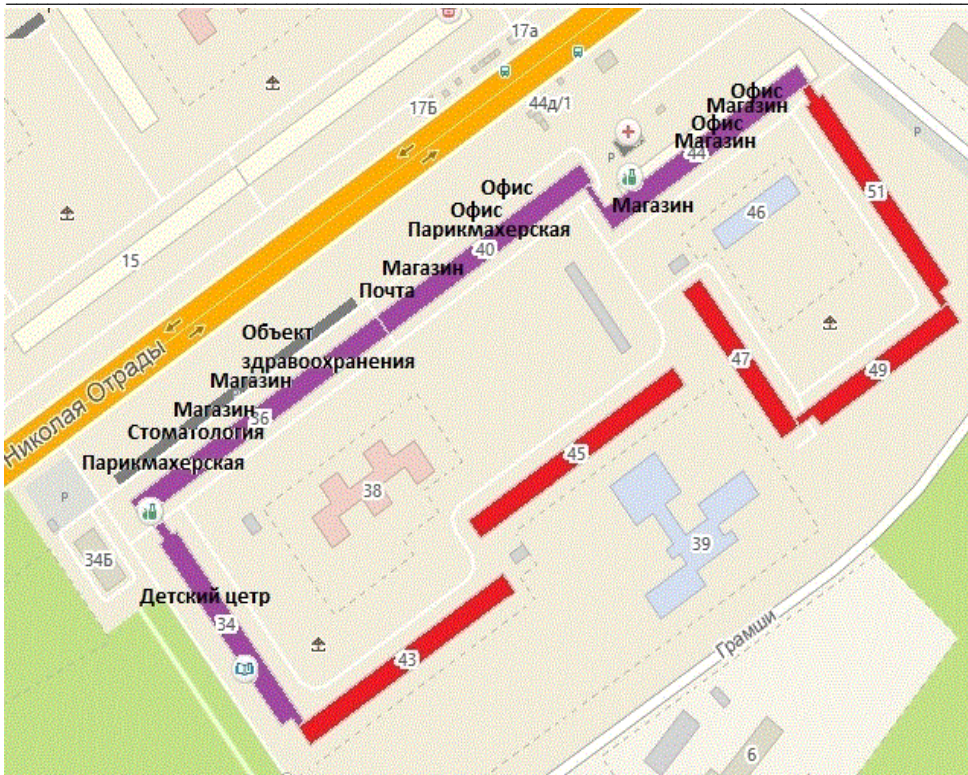


Рис. 1. Жилая застройка, участвующая в исследовании

Объектом исследования были определены парковочные места у следующих жилых домов (рис. 1):

- по ул. Н. Отрады, 44 и по ул. Грамши, 43 — 6-подъездные;  
по ул. Н. Отрады, 36 и по ул. Грамши, 51 — 5-подъездные;  
по ул. Н. Отрады, 40, ул и ул. Грамши, 47 — 4-подъездные.

Жилой дом по ул. Н. Отрады, 34 не вошел в число исследуемых, поскольку имеет в своем составе одно встроенное помещение и не является показательным. Жилой дом по ул. Грамши, 45 находится в непосредственной близости от школы и может давать искаженное количество необходимых машино-мест.

Для определения емкости существующих парковок было подсчитано количество занятых машино-мест у каждого жилого дома в часы наибольшей нагрузки. Подсчет количества автомашин производился авторами в утренние часы с 8.00 до 9.00 и в вечерние с 20.00 до 21.00 (табл. 1—6). Выбор временного диапазона обоснован утренним массовым отъездом жильцов жилых домов к местам приложения труда и одновременным началом работы встроенных помещений, а также вечерним возвращением жильцов с работы, закрытия офисов, при продолжающейся работе магазинов.

На основании полученных данных были построены диаграммы для сравнения количества занятых машино-мест в утренние и вечерние часы (рис. 2—7). Сравнивались жилые дома с одинаковым количеством секций, с наличием или без встроенных помещений.

Т а б л и ц а 1

*Шестиподъездные 9-этажные жилые дома (утро)*

| УТРО              | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 43    | 34                             | 28     | 35    | 38    | 28    | 29    | 32     |
| Ул. Н. Отрады, 44 | 36                             | 36     | 43    | 46    | 35    | 33    | 47     |

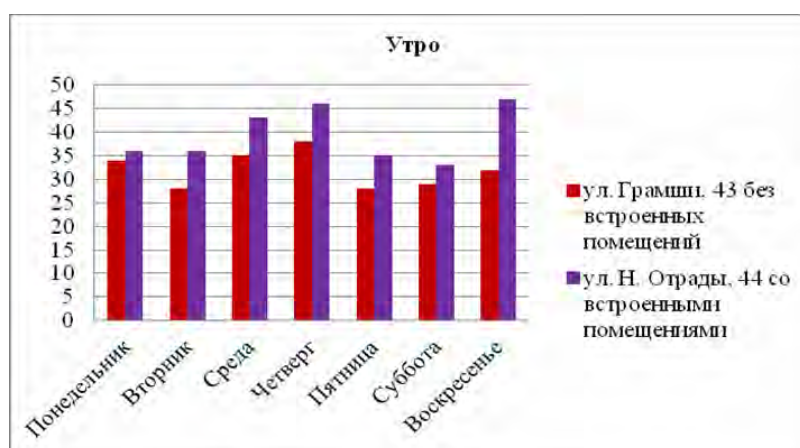


Рис. 2. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у шестиподъездных 9-этажных жилых домов в утренние часы

Т а б л и ц а 2

*Шестиподъездные 9-этажные жилые дома (вечер)*

| ВЕЧЕР             | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 43    | 48                             | 51     | 54    | 52    | 48    | 46    | 51     |
| Ул. Н. Отрады, 44 | 57                             | 59     | 57    | 56    | 55    | 54    | 70     |

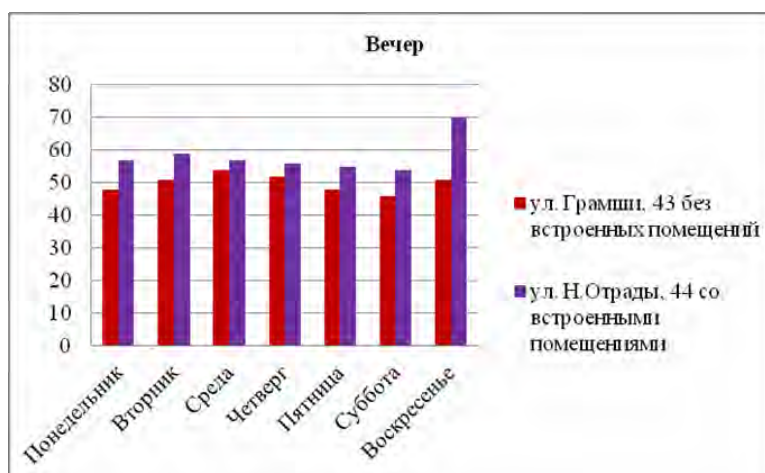


Рис. 3. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у шестиподъездных 9-этажных жилых домов в вечерние часы



Т а б л и ц а 3

*Пятиподъездные 9-этажные жилые дома (утро)*

| УТРО              | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 51    | 49                             | 48     | 48    | 49    | 54    | 29    | 52     |
| Ул. Н. Отрады, 36 | 65                             | 70     | 51    | 52    | 52    | 49    | 55     |

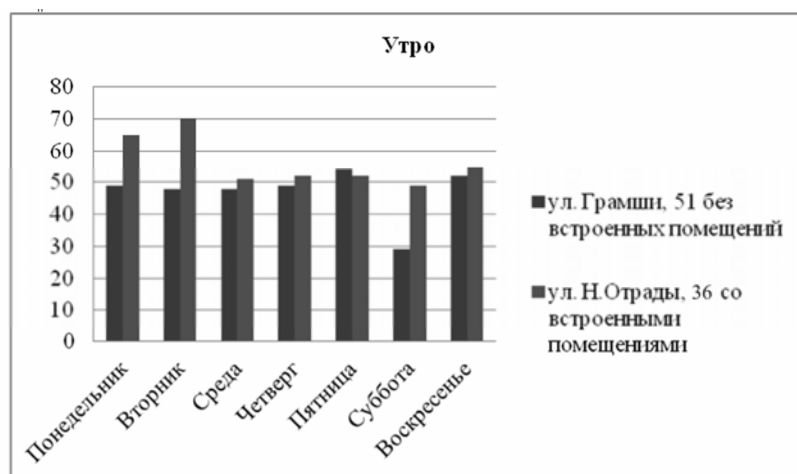


Рис. 4. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у пятиподъездных 9-этажных жилых домов в утренние часы

Т а б л и ц а 4

*Пятиподъездные 9-этажные жилые дома (вечер)*

| ВЕЧЕР             | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 51    | 47                             | 49     | 54    | 54    | 50    | 47    | 55     |
| Ул. Н. Отрады, 36 | 85                             | 83     | 89    | 88    | 63    | 69    | 82     |

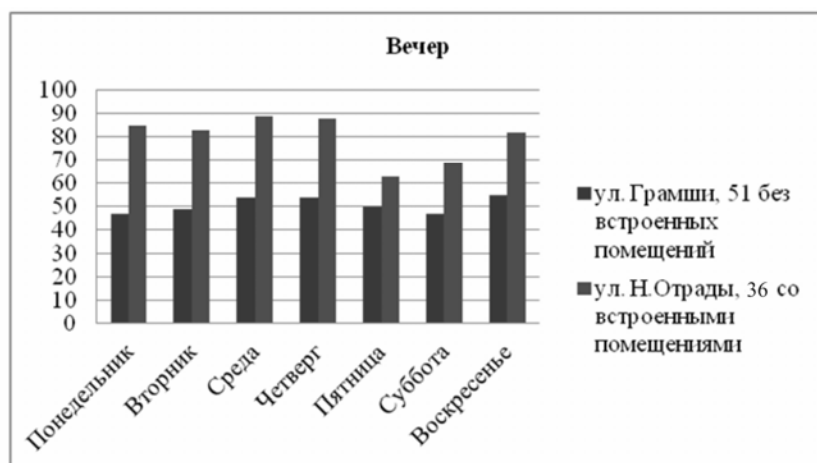


Рис. 5. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у пятиподъездных 9-этажных жилых домов в вечерние часы

Т а б л и ц а 5

*Четырехподъездные 9-этажные жилые дома (утро)*

| УТРО              | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 47    | 25                             | 16     | 25    | 25    | 25    | 19    | 26     |
| Ул. Н. Отрады, 40 | 23                             | 32     | 36    | 28    | 23    | 22    | 30     |

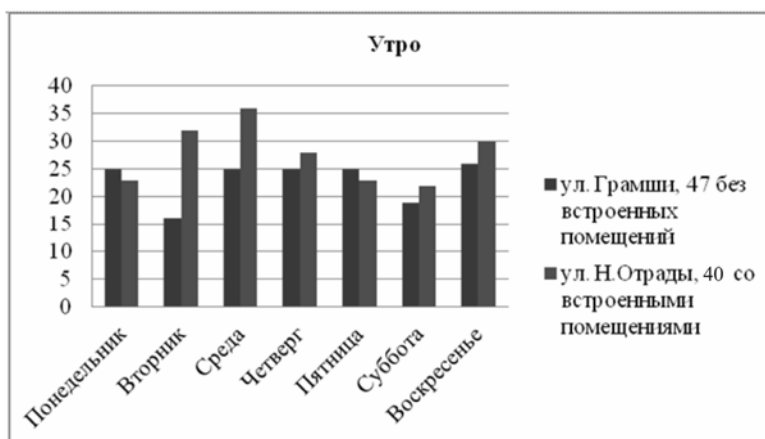


Рис. 6. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у четырехподъездных 9-этажных жилых домов в утренние часы

Т а б л и ц а 6

*Четырехподъездные 9-этажные жилые дома (вечер)*

| ВЕЧЕР             | Количество занятых машино-мест |        |       |       |       |       |        |
|-------------------|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|                   | Пон.                           | Вторн. | Среда | Четв. | Пятн. | Субб. | Воскр. |
| Ул. Грамши, 47    | 33                             | 28     | 42    | 38    | 38    | 36    | 32     |
| Ул. Н. Отрады, 44 | 36                             | 38     | 47    | 51    | 32    | 24    | 41     |

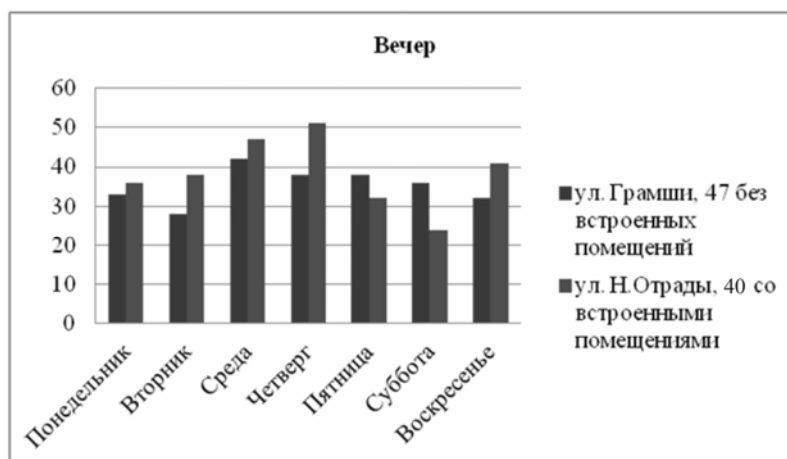


Рис. 7. Сравнительная динамика занятости парковочных мест у четырехподъездных 9-этажных жилых домов в вечерние часы

Диаграммы показывают, что не всегда наличие встроенных помещений определяет повышенную нагрузку на парковочные территории, имеются данные с незначительными превышениями или даже с противоположными показателями. Можно выявить усредненное процентное превышение занятых машино-мест парковочных территорий у жилых домов со встроенными помещениями над жилыми домами без встроенных помещений.

Так для шестиподъездных жилых домов:

в утренние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 32 машино-места для жилого дома без встроенных помещений;

2) 39 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями;

в вечерние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 50 машино-мест для жилого дома без встроенных помещений;

2) 58 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями.

Разница между количеством занятых машино-мест парковок у шестиподъездных жилых домов без встроенных и со встроенными помещениями составила 10 % в утренние часы и 8 % в вечерние часы.

Для пятиподъездных жилых домов:

в утренние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 47 машино-мест для жилого дома без встроенных помещений;

2) 56 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями.

в вечерние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 51 машино-мест для жилого дома без встроенных помещений;

2) 80 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями.

Разница между количеством занятых машино-мест парковок у пятиподъездных жилых домов без встроенных и со встроенными помещениями составила 8 % в утренние часы и 20 % в вечерние часы.

Для четырехподъездных жилых домов:

в утренние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 23 машино-места для жилого дома без встроенных помещений;

2) 28 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями.

в вечерние часы среднее количество занятых машино-мест составляет:

1) 35 машино-мест для жилого дома без встроенных помещений;

2) 38 машино-мест для жилого дома со встроенными помещениями.

Разница между количеством занятых машино-мест парковок у четырехподъездных жилых домов без встроенных и со встроенными помещениями составила 10 % в утренние часы и 4 % в вечерние часы.

Для характеристики результата выявляем усредненный показатель числа занятых машино-мест для одной секции 9-этажного жилого дома.

1. Жилой дом без встроенных помещений:

в утренние часы — 7 машино-мест;

в вечерние часы — 9 машино-мест.

2. Жилой дом со встроенными помещениями.

в утренние часы — 8 машино-мест;

в вечерние часы — 12 машино-мест.

В соответствии с табл. 8.2.2 Правил землепользования и застройки городского округа город-герой Волгоград (утв. решением Волгоградской городской думы от 15.09.2010 г. № 36/1087) минимальное количество машино-мест для хранения индивидуального автотранспорта на территории земель-

ных участков многоквартирных жилых домов следует принимать из расчета 1 машино-место на  $80 \text{ м}^2$  общей площади жилья.

Площадь секции девятиэтажного жилого дома в среднем составляет  $400 \text{ м}^2$ . Жилая площадь (без коридоров, кухонь, ванных комнат, лестничных клеток и лифтов) занимает  $160 \text{ м}^2$ . Таким образом, на один этаж одной секции требуется, согласно нормам,  $160 : 80 = 2$  машино-места. Для девяти этажей одной секции необходимо соответственно 18 машино-мест.

Получаем, что расчет количества машино-мест для жилого многоквартирного дома без встроенных помещений, согласно Правилам землепользования и застройки городского округа город-герой Волгоград, дает превышение над фактически используемым количеством парковочных мест на 44 %.

Согласно п. 3.5.3 из приведенных выше правил для видов использования, не указанных в табл. 8.2.2, минимальное количество машино-мест для хранения индивидуального автотранспорта на территории земельных участков определяется в соответствии с действующими местными нормативами градостроительного проектирования городского округа город-герой Волгоград (п. 3.5.3 Местных нормативов градостроительного проектирования городского округа город-герой Волгоград (в ред. решения Волгоградской городской думы от 29.04.2015 № 28/886).

Расчетное количество мест временного хранения личного транспорта у вновь проектируемых административных и общественно-деловых зданий рекомендуется принимать в соответствии с табл. 16 Местных нормативов градостроительного проектирования городского округа город-герой Волгоград (в ред. решения Волгоградской городской Думы от 29.04.2015 N 28/886).

На встроенные помещения, которые в среднем занимают до 80 % площади одной секции или  $320 \text{ м}^2$ , требуется:

для административных функций  $320 : 1000 \cdot 17,5 = 5,6$  машино-место;

для торговых функций  $320 : 1000 \cdot 21,5 = 6,88$  машино-место.

Имеем в среднем необходимость в 6 машино-мест для обслуживания встроенных помещений различного функционального содержания дополнительно к парковочным местам жильцов дома.

То есть, для девятиэтажного жилого дома со встроенными помещениями на первом этаже необходимо  $16 + 6 = 22$  машино-места.

Учитывая полученные данные натурных наблюдений, получаем, что расчетное количество машино-мест для жилых домов со встроенными помещениями показывает превышение над фактически используемым количеством более чем на 50 %.

Результаты, полученные авторами, позволяют предположить достаточность емкости парковочных территорий для застройки 1970—1980-х годов. Для достоверных и окончательных выводов необходимо исследовать большее количество существующих парковок в жилой застройке, учесть погодные условия и сезонность. Авторы полагают, что полученные результаты смогут позволить оптимизировать расчет количества парковочных мест не только для реконструкции, но и для нового строительства.

Жилая застройка сегодня формируется в условиях современных градостроительных требований и пристального отношения к теме организации парковочных мест, изначально учитываются наличие встроенных помещений и уровень автомобилизации в стране, который в настоящее время составляет

300...350 автомобилей на тысячу жителей (СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. М., 2011), а на перспективу может достигнуть уровня 550...600 автомобилей/тыс. человек.

Но градостроитель, действуя в сложившихся городских условиях, испытывает дефицит площади придомовой территории при размещении необходимого набора функциональных площадок и расчетного количества парковочных мест. Насколько оправдан дефицит территории, должны показать дальнейшие исследования. По мнению авторов, следует дифференцировать расчет количества автотранспорта для отдельно стоящих торговых, административных и других объектов от встроенных помещений соответствующего назначения в жилой застройке. В данном случае следует учитывать существующую возможность смены пользователя машино-места, которая наступает в момент отъезда на работу жильца и начала работы встроенного помещения и того же процесса, происходящего в обратном порядке уже в вечернее время. Важным является использование метода прогнозирования, где берется во внимание время прибытия автомобилей на парковку, время нахождения на парковке, интенсивность поступающего и выходящего потока, емкость парковки [2].

Кроме того, необходимо изучить существующий европейский опыт расчета количества парковочных мест в жилой застройке.

В частности опыт Германии (земля Бранденбург) показывает, что при расчете необходимого количества машино-мест в жилой застройке за норму принимают: 1 машино-место на каждую квартиру с жилой площадью менее 100 м<sup>2</sup> и 2 машино-места — более 100 м<sup>2</sup>. В районах старой застройки принимается 1 машино-место на 5 квартир [3]. Для офисных помещений — 1 машино-место на каждые 40 м<sup>2</sup> полезной площади, для торговых помещений (магазины) — 1 машино-место на 40 м<sup>2</sup> торговой площади. Отдельно регламентируется расчет количества машино-мест для торговых центров, где норма — 1 машино-место на 20 м<sup>2</sup> торговой площади. Кроме того, возможно сокращение указанных норм на 20 % в случае размещения в пешей доступности не более 300 м остановок общественного транспорта с регулярным графиком движения [3].

Близкое расположение остановок общественного транспорта к жилой застройке, развитие велодвижения в России с организацией выделенных полос, корректировка расчета парковочных мест для встроенных помещений должно оказывать влияние на расчеты количества машино-мест автотранспорта при реконструкции существующей жилой застройки, а также при новом проектировании в условиях сложившихся жилых территорий городов России.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Игнатьев Ю. В.* Управление развитием и строительством транспортно-градостроительных комплексов города // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. № 17(276). С. 64—67.
2. *Науменко Е. Ю.* Определение вариантов емкости и занятости парковок // Инженерный вестник Дона. 2011. № 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/issue/98>
3. MIRAKTUELL. № 3 / Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung, Detschland. Potsdam, 2005. S. 38—40.

© Стеценко С. Е., Антюфеев А. В., Нагаткин Д. А., Емельянова О. Е., 2017

*Поступила в редакцию  
в феврале 2017 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Градостроительная оптимизация расчета парковочных мест автотранспорта в сложившейся жилой застройке крупнейших городов (на примере г. Волгограда) / С. Е. Стеценко, А. В. Антюфеев, Д. А. Нагаткин, О. Е. Емельянова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 513—523.

*Об авторах:*

**Стеценко Светлана Евгеньевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [stezenko-s@mail.ru](mailto:stezenko-s@mail.ru)

**Антюфеев Андрей Владимирович** — профессор кафедры архитектурно-проектной практики, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [rusexpert34@mail.ru](mailto:rusexpert34@mail.ru)

**Нагаткин Дмитрий Александрович** — старший преподаватель кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

**Емельянова Оксана Евгеньевна** — ассистент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

**S. E. Stetsenko, A. V. Antyufeev, D. A. Nagatkin, O. E. Emel'yanova**

#### **TOWN PLANNING OPTIMIZATION OF CALCULATION OF PARKING LOTS IN EXISTING RESIDENTIAL DEVELOPMENTS OF LARGE CITIES (BY THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD)**

The problem of providing existing residential developments with parking lots is investigated. The results of the field studies on the determination of the capacity of residential parking areas formed in 1980s in Volgograd are analyzed. The comparison with the existing town planning regulations is offered.

**Key words:** calculation of parking lots, parking capacity, reconstruction, residential development.

#### **REFERENCES**

1. Ignatiev Y. V. [Development and construction of transport and urban planning of city complexes management]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction engineering and architecture], 2012, no. 17(276), pp. 64—67.
2. Naumenko E. Yu. [Capacity alteration and car parking occupancy rate test]. *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering journal of Don], 2011, no. 2. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/issue/98>
3. *MIRAKTUELL. № 3*. Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung, Detschland. Potsdam, 2005. S. 38—40.

*For citation:*

Stetsenko S. E., Antyufeev A. V., Nagatkin D. A., Emel'yanova O. E. [Town planning optimization of calculation of parking lots in existing residential developments of large cities (by the example of Volgograd)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 513—523.

*About authors:*

**Stetsenko Svetlana Evgen'evna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [stezenko-s@mail.ru](mailto:stezenko-s@mail.ru)

**Antyufeev Andrei Vladimirovich** — Professor of Architectural and Design Practice Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [ruexpert34@mail.ru](mailto:ruexpert34@mail.ru)

**Nagatkin Dmitrii Aleksandrovich** — Senior lecturer of the Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

**Emel'yanova Oksana Evgen'evna** — Assistant of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

УДК 72.01

**О. А. Антюфеева<sup>а</sup>, Г. А. Птичникова<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет*

<sup>б</sup> *Волгоградский филиал Научно-исследовательского института теории и истории архитектуры и градостроительства Российской академии архитектуры и строительных наук*

## **АРХИТЕКТУРНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ ПОСТСОВЕТСКОГО ГОРОДА**

Рассматриваются проблемы архитектурных изменений общественных пространств российских городов на протяжении XX века в контексте различных теорий осмысления урбанистических трансформаций. Определены факторы, повлиявшие на характер общественных пространств капиталистического, советского и постсоветского города. Выявлены функционально-пространственные трансформации и особенности архитектурного формирования общественных пространств современных российских городов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** архитектура, градостроительство, общественные городские пространства, постсоветский город.

Общественные пространства являются основой, связывающей город и его население, во многом именно они определяют архитектурный образ города и раскрывают характер городского социума. Обладая значительной устойчивостью и инерционностью, общественные социально-пространственные структуры, однажды возникнув вследствие конкретных социальных процессов, продолжают влиять на уже изменившуюся ситуацию и одновременно сами трансформируются под воздействием сочетаний разного рода социально-культурных, экономических, экологических, информационных, технологических факторов.

В течение всего XX века происходили архитектурно-пространственные изменения общественных пространств городов, что объясняется появлением новых форм социокультурной жизни общества. Об этом говорят публикации отечественных и зарубежных исследователей, посвященные названной проблеме. Социологи, урбанисты, культурологи, географы, занимающиеся изучением трансформаций городов, отмечают ослабевание в определенные периоды времени традиционных форм публичной деятельности и формирование новых видов общественной активности. Отвечая на вызовы времени, изменяются (или исчезают) исторически сложившиеся общественные пространства городов и создаются новые архитектурно-пространственные конструкции. Рассмотрению устойчивости и изменчивости общественных городских пространств в процессе их архитектурного формирования на протяжении XX века посвящена настоящая работа.

Открытое пространство представляет собой многогранную концепцию и определяется по-разному, исходя из широкого спектра теоретических перспектив. Сведя воедино определяющие характеристики общественных пространств, главными его качествами можно назвать общественную доступность и открытость для всех членов общества и предоставление места для социальных коммуникаций и взаимодействий. С точки зрения архитектурно-



го осмысления общественное пространство представляет собой открытое и пустое место, ограниченное застройкой и природными объектами и связанное с коммуникационной структурой города. В его состав могут входить объекты искусства, ландшафтной архитектуры, городского дизайна, коммерческая реклама, объекты идеологической пропаганды. Определение формы и конфигурации такого пространства является, безусловно, архитектурной задачей. Поэтому исследования изменений общественных городских пространств представляется актуальными для архитектурной теории.

Общественные открытые пространства — в архитектурном аспекте это площади, улицы, парки, набережные, пешеходные зоны — рассматриваются в работе с точки зрения их функционирования как социально-культурных структур, мест общения, коммуникации, обменов и взаимодействий. При этом общественные и публичные пространства считаются тождественными понятиями, хотя ряд исследователей настаивает на разведении этих терминов<sup>1</sup>.

Начало XX века в российских провинциальных городах характеризовалось устоявшимся типологическим рядом общественных территорий. В него входили, прежде всего, официальные пространства власти: например, площади перед домом губернатора, перед казенными зданиями, вокзалами, площади для военных парадов. Кроме того, имелись соборные, а также торгово-рыночные площади. В большинстве российских городов площади, сформированные до 1930-х годов, часто имели неправильные очертания и разнохарактерную застройку, возникшую в различные периоды времени. Это относилось не только к провинциальным городам, но и к столицам. Так, крайне критически о московских площадях отзывался Г. Б. Бархин в своей статье «Три площади»: «В Москве мало или почти совсем нет хороших площадей. Старые площади Москвы тесны, неправильны по конфигурации; архитектура большей части этих площадей, не считая, конечно, Красной площади, совершенно незначительна, провинциальна» [2, с. 10].

Утверждение Советской власти в 1917—1920-х гг. и внедрение в общественное сознание новых идеологических установок потребовало и соответствующих изменений общественных пространств городов, которые приобрели в этот период особую значимость. Это были места, воплощающие власть, места для почитания власти и всеобщего участия в коллективных действиях и мероприятиях. Поэтому доминирование площадей как публичного пространства стало характерной чертой советского города [3]. Вначале столкновение новых требований с архитектурно-градостроительными характеристиками исторически сложившихся площадей осуществлялось в виде перемаркировки городского пространства, замены старых эмблем и монументов на новые, отражающие идеи и чувства революционных масс. Характерным для этого периода явился «захват» соборных площадей как сакральных пространств прежнего общественного строя с целью их коренного переустройства или полного уничтожения.

---

<sup>1</sup> Общественное пространство, согласно этой точке зрения, предназначено для общего доступа и взаимодействия всех членов городского сообщества, а публичное пространство рассматривается как место для предъявления индивидуума остальной публике [1].

Советская архитектурная наука обратилась к изучению лучших площадей мира. Активно исследуются римские форумы, площади Возрождения и классицизма. Неслучайно в 1935 году в СССР издается книга немецкого исследователя А. Э. Бринкмана «Площадь и монумент как проблема художественной формы» [4]. Согласно новым теоретическим установкам площадь должна быть композиционным центром города. С одной стороны, это подразумевало создание наилучших условий для зрительского восприятия, т. е. формирование площади как места, откуда раскрываются приятные глазу перспективы. С другой стороны, возникала необходимость разработки площади как единого архитектурного ансамбля для репрезентации в художественной форме новых государственных идеалов. В результате площади советских городов приобретают геометрически правильные планы и регулярную застройку.

Значительно расширилась номенклатура площадей по их назначению. Почти исчезли торговые площади, но на их место пришли площади транспортные, предзаводские, предпарковые, мемориальные. Обязательным в городе считалось наличие центральной административно-общественной площади, предназначенной для демонстраций, митингов, манифестаций, парадов.

Кроме того, отметим одну характерную особенность общественных пространств советских городов, отличающую их от предшествующих периодов. Часто мемориальные площади формировались вокруг мест погребений, некрополей, братских могил. Уже в первые послереволюционные дни центральные ансамбли Петрограда и Москвы определили свое новое содержание, получив облик революционных некрополей. В Петрограде Марсово поле — площадь, предназначавшаяся для военных парадов — была превращена в мемориальный комплекс, где в братских могилах были похоронены герои революционных боев. Идейным ядром всего комплекса стал памятник Жертвам революции (арх. Л. Руднев, И. Фомин) и монументальная стена. Особое место в истории формирования общественных пространств советских городов также имело строительство мавзолея В. И. Ленина (1924, 1929—30 гг.) на Красной площади в Москве. Изначально взятый А. Щусевым за основу как символ вечности куб трансформировался в пирамидальный объем. Ступенчатая композиция напоминает священные зиккураты — храмы бессмертным богам. Мавзолей начал «диктовать» площади, какой ей надлежит стать в новом значении: были разобраны Иверские ворота, передвинут памятник Минину и Пожарскому, появилось гранитное мощение, была проведена перепланировка могил. Площадь приобрела явное сакральное значение как главный общественно-политический форум (и одновременно некрополь) страны, где похоронены жертвы революции, те, кто положил свои жизни на ее алтарь. Рядом проходили многолюдные народные торжества и праздничные демонстрации. Символический смысл пространственного объединения, казалось бы, антагонистических функций (праздничное торжество рядом с захоронением) можно определить как напоминание о мертвых героях и жертвах, принесенных во имя настоящей жизни, и требование должного продолжения и почитания священных заветов [5].

Итак, площадь в советском городе рассматривалась как место массовых действ. Новый «социалистический форум» должен был олицетворять архитектурно-планировочными средствами высший тип пролетарской демократии. Для общественной жизни СССР были характерны парады и шествия,

поэтому маршруты парадов диктовали и формирование политических пространств советского города. Общая пространственная схема в той или иной форме воспроизводила неизменные черты — длинный широкий проспект и нанизанные на него площади. Таким образом, в иерархии планировочной структуры социалистического города площадь стала одним из самых главных (если не самым главным) элементов.

К концу XX века, когда в нашей стране произошли социально-экономические потрясения, и вектор развития повернулся в сторону рыночных отношений, социально-пространственный каркас многих российских городов, главным образом, состоял из наследия советской архитектурно-градостроительной эпохи и отдельных фрагментов городской среды, сохранившихся как историко-архитектурные памятники. Унаследованные от советского периода общественные городские пространства можно классифицировать следующим образом:

центральные площади, предназначенные для проведения официальных парадов;

площади у общественных и административных зданий;

общественные парки (типа ЦПКиО) и набережные;

спонтанные общественные пространства (например, городские пляжи).

Какие изменения произошли с этими общественными пространствами в последнее десятилетие XX века? Как повлияли на их архитектурный облик социально-экономические изменения?

Анализ практики архитектурной перестройки постсоветских городов показал, что изменения общественных пространств имели общие черты с европейскими городами, во многом подчиняясь общемировым тенденциям: усиление коммерциализации и потребительских интересов, стремительное развитие информационно-медийной сферы и повышение мобильности общества.

Функциональные изменения проявились во все большей коммерциализации городских пространств, их аттрактивность использовалась в качестве «ловушек» для потенциальных покупателей. Сформировавшиеся общественные пространства как место, где собирается множество людей для различных видов социальной активности, стало рассматриваться как потенциальный источник извлечения прибыли (огромный торговый зал, где происходит процесс купли-продажи). Формирование пространств потребления стало одним из преобладающих процессов в российских городах в постсоветский период. Петербургский социолог А. А. Желнина пишет, что новые форматы по мере освоения их горожанами заняли важное место в городской среде, стали точками локализации новых стилей жизни и социальных различий [6]. В социально-пространственной структуре города происходит постепенное вытеснение альтернативных форм торговли (открытых торговых или рыночных площадей) и замещение их закрытыми торговыми центрами и супермаркетами. Торгово-развлекательные места, как отмечают социологи и культурологи, являются по своей сути «псевдопубличными», поскольку теряются многие важные характеристики общественного места, что приводит к ослаблению интенсивности и даже исчезновению конкретных форм общественной жизни и, в целом, редуцированию публичной жизни до потребления [7]. Иными словами, бывшие общественные пространства как места социальности трансформируются в пространства потребления, создающие иллюзию общности [8].

Московский исследователь А. Ю. Невзоров для изучения развития общественных пространств города предложил выделение двух видов функций, которые определяют развитие городской площади: пространствообразующие и пространстворазрушающие функции [9]. Используя этот подход при анализе процессов изменения городских общественных пространств, можно сделать вывод, что судьба центральных (официальных) площадей многих российских городов определяется в последнее время именно пространстворазрушающими функциями. Трансформация сложившихся пространств советской эпохи происходит путем изменения их функционального содержания и связанной с этим «де-сакрализации» [10]. Ярким примером может служить реконструкция центральной площади Ленина в Астрахани. Желание властей устранить политическое содержание площади обусловило ее радикальную реконструкцию, приуроченную к 450-летию юбилею города. Площадь Ленина была преобразована с изменением ее архитектурной композиции и переменной функции с политически-идеологической на рекреационную.

Одним из проявлений разрушения советских общественных пространств можно считать рассмотрение площадей в качестве резервных площадок для нового строительства, понимание их значения как «пустого места». Как пишет известный российский социолог О. И. Вендина, «захват, приватизация и присвоение общественных пространств происходит на всех уровнях общества, включая власть, бизнес и рядовых граждан» [11]. Примеры такого строительного освоения публичных пространств можно найти в каждом городе. В качестве примера можно привести захват открытой площади перед Ворошиловским Торговым центром в Волгограде с полной ее застройкой и превращением в интерьерное пространство торгового центра.

Другие группы общественных пространств такие, как парки или набережные, также переживают в настоящий период переломный период. Одни получают дополнительный импульс для своего развития. Другие «угасают» вдали от мест общественного притяжения. И, в конечном итоге, растревается само представление об этой территории как о месте, предназначенном для взаимодействия людей. Вместе с тем развитие рекреационных пространств часто предстает в форме их коммерциализации. Примером таких трансформаций могут быть преобразования, произошедшие с Морской набережной в Сочи, которая превратилась в «торговый коридор» или молл, полностью отделивший гуляющих курортников от морских пейзажей торговыми рядами.

Объяснением названных преобразований общественных пространств в наших городах может быть изменение самого российского общества и его требований к пространственной организации социальной активности. Урбанист О. В. Паченков подчеркивает, что «публичные пространства и общественная жизнь в городах исчезают не потому, что некто приватизирует их в своих интересах или запрещает, а потому, что исчезают те, кому это важно и интересно» [12].

Вторым фактором, повлиявшим на преобразование общественных пространств, стало появление медийно-информационной сферы. Развитие общенациональных вещательных систем в послевоенный период (1950—60-е гг.) означало не только «колонизацию» общественной сферы электронными медиа вроде радио и телевидения, но и то, что «медийное пространство стало брать на себя все больше функций пространства общественного» [13]. Отме-

чая происходящие изменения, Рэм Кулхаас еще в 1991 году говорил: «Думаю, мы все еще не избавились от представления о том, что улица и площадь — это общественная территория, но общественная территория радикально меняется. Не хотелось бы прибегать к клише, но после появления телевидения, медиа и целой серии других изобретений можно сказать, что общественная территория утрачена. Но можно утверждать и другое: она стала столь вездесущей, что больше не нуждается в физической артикуляции. На мой взгляд, истина лежит где-то посередине» [цит. по 13].

Широкое распространение персональных компьютеров и домашнего Интернета в 1990-е годы привело к сокращению публичной сферы и кризису традиционных городских социальных коммуникаций [14]. Многие специалисты утверждают, что культура публичности, характерная для начала XX века, была вытеснена массовым «исходом» людей в приватность. Тенденция ухода в частную жизнь [15] привела к тому, что площади и улицы перестают быть местом встречи и общения [16], которые перемещаются в закрытые пространства — кафе, моллы, спортивные и развлекательные центры [17]. Как отмечает А. Г. Квят, отличительной чертой 1990-х годов явилась принятая по умолчанию установка, согласно которой живая межличностная коммуникация в городской среде навсегда ушла в прошлое, став в лучшем случае предметом ностальгии или источником метафор для описания нового типа городского пространства [14]. Американские исследователи Г. Гумперт и С. Драйкер в этой связи подчеркивали: «Полнокровная социальная жизнь в окружении оживленных улиц, рынков, парков, бульваров и скверов всегда была определяющей характеристикой городской культуры. Но современные медиатеchnологии, от телефона до компьютера и кабельного телевидения, вытесняют коммуникацию из городской среды в пространство организаций и малых социальных групп» [16, с. 250]. Создается новый тип личности, склонной к ограниченным контактам с другими личностями в определенных условиях (например, в соцсетях).

В качестве зарождающейся в 1990-е годы тенденции можно отметить своеобразную «мутацию» зон власти. На смену архитектурно оформленным «партийным» площадям, рассчитанным на массовые действия и парады, приходят репрезентативные зоны нынешней власти, пытающейся продемонстрировать свои гуманистические устремления. Это чаще всего вновь созданные и подвергшиеся радикальной реконструкции зоны отдыха — парки, набережные, пешеходные зоны.

Расширяется типология общественных пространств, что проявляется в создании новых зон социальной активности [18]. Они не вписываются в классические определения и не определяются традиционными критериями. Эти формы — мобильны; они не требуют собственной территории, с удовольствием пользуясь некоей «чужой территорией» [12]. Среди них отметим пространства для флешмобов, уличных танцев («стрит-дэнс») или зоны для самодетельного художественного творчества («паблик арт»). Первое направление — новая форма общественных собраний, второе и третье — новые формы культуры и досуга. Урбанистические по своей природе, обыгрывающие существующую городскую культуру и инфраструктуру, они не требуют создания специальных пространств, но позволяют реализовывать потребность горожан в социальности, провоцируют как запланированную, так и

спонтанную коммуникацию. Как отмечает О. В. Паченков, «ключевой характеристикой современных городских публичных пространств является способность к трансформации, а основными категориями — не место, но время и действие» [12]. Эти виды городской активности производят публичное пространство временно, используя территорию, принадлежащую другой деятельности. Социологи отмечают, что современные горожане стремятся избежать закрепленных за ними «общественных пространств», которые самим фактом обозначения и закрепления автоматически переходят в категорию «мест», контролируемых «системой» [12]. Вместо этого современные общественные группы предпочитают тактики временного присвоения общественного пространства, которое они используют для своих целей и затем освобождают для других групп. Примером новой формы общественной активности служит «Байк-шоу», проводящееся в течение нескольких лет в Волгограде 23 августа (день первой бомбардировки Сталинграда) на бывшей площадке отстоя тракторов Волгоградского тракторного завода.

Третьей силой, повлиявшей на преобразование общественных пространств, стала стремительно усилившаяся к концу XX века мобильность городского социума. Этот процесс препятствует реализации функции собраний и коммуникаций в публичных местах. Статичное компактное «общественное вече» замещается «пространствами движения» (или «пространствами потоков» по М. Кастельсу [19]). Особое значение в структуре города занимают узлы, распределяющие транзитные потоки, — площади у терминалов, площади близ станций метро. Некоторые исследователи называли их «Не-места» (non-places)<sup>2</sup>, так как эти пространства являются связующими для потоков движения, а не выполняют функцию социального взаимодействия и коммуникации. Получают распространение пешеходные улицы, развиваются велосети, роллердромы. Следует отметить смешанный характер этих динамичных мест. Они служат для удовлетворения функции мобильности, не привязанности, легкости, что отчетливо связано с повышением индивидуализации современной общественной жизни. В советских городах общественное и частное пространства имели довольно жесткое разделение. Частное пряталось в быту: квартирах, на дачных участках. Общественным акциям принадлежали огромные городские пространства, площадь которых занимала по градостроительным рекомендациям не менее 50 % от общей территории общегородского центра [21, с. 235]. Начиная с 1990-х годов частные и общественные пространства, во-первых, стали меняться в размерах (частное увеличивалось, общественное уменьшалось); во-вторых, происходила гибридизация этих пространств в виде смешанных частно-публичных зон. В этом случае на территории общественного пространства могли выделяться фрагменты для приватного времяпровождения, а на территории частного пространства могли время от времени происходить публичные акции.

Если попытаться сформулировать взаимосвязи функций, которые реализовывались общественными пространствами на протяжении XX века, и архитектурные характеристики этих пространств, то эволюционную цепочку можно представить в виде таблицы.

<sup>2</sup> Понятие «не-место» ввел известный французский антрополог Марк Оже [20].

*Эволюция функционально-пространственных соответствий общественных городских пространств на протяжении XX века*

| Временной период                       | Начало XX века (1900—1910-е годы)                                                                                                        | Середина XX века (1920—1980-е годы)                                                                                  | Конец XX века (1990-е годы)                                                                                                      |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Общественная формация города           | Капиталистический город                                                                                                                  | Советский город                                                                                                      | Постсоветский город (начальный период рыночных отношений)                                                                        |
| Функции общественных пространств       | Презентативность власти                                                                                                                  | Идеологическая доминанта                                                                                             | Потребление                                                                                                                      |
|                                        | Потребление                                                                                                                              | Массовые коллективные акции                                                                                          | Перемещение потоков, транзитные узлы                                                                                             |
|                                        | Социальные взаимодействия (встречи, коммуникации)                                                                                        | Социальные взаимодействия (встречи, коммуникации)                                                                    | Социальные взаимодействия (встречи, коммуникации)                                                                                |
|                                        | Переплетение общественных и частных взаимодействий                                                                                       | Преобладание общественных взаимодействий                                                                             | Переплетение общественных и частных взаимодействий                                                                               |
| Формы общественного пространства       | Площади для парадов, рыночные площади, улицы, бульвары                                                                                   | Площади для демонстраций («социалистические форумы»), предзаводские площади, мемориальные комплексы, парки, бульвары | Торговые пешеходные зоны, тематические парки, транзитные площади-транспортные узлы                                               |
| Архитектурно-планировочные особенности | Сочетание геометрической правильности официальных (имперских) площадей и живописной, неправильной конфигурации «гражданских» пространств | Геометрическая правильность, ансамблевость, репрезентативность, использование осевых композиций, большемасштабность  | Фрагментарность, измельченность масштаба, широкое использование приемов ландшафтного дизайна, камерность, архитектурная пестрота |

Факторами, определившими архитектурные трансформации общественных пространств российских городов в конце XX века, явились:

1) идеологический и политический сдвиг, который поставил под сомнение смысл публичного пространства для государственного представительства и государственного строительства коллективной идентичности, с одной стороны, и значительно уменьшил уровень государственного контроля и надзора за городским пространством, с другой стороны;

2) экономические изменения, которые связаны с появлением новых видов потребительской инфраструктуры, таких как торгово-развлекательные центры и торговые мега-моллы, а также появление новых градостроительных практик, таких как приватизация и коммерциализация публичных пространств;

3) социальный сдвиг, который включает в себя процессы социально-экономической поляризации и маргинализации в городском социуме, а также меняющиеся ценности и понятия, лежащие в основе восприятия и обращения городского общественного пространства граждан.

Результатом стало появление новых типов общественных пространств, отвечающим новым видам социальной активности. Общественные пространства стали уменьшаться в размерах, съезживаться в ряде случаев вплоть до полного исчезновения. Наблюдается их фрагментация и измельчение масштаба. Вместо величественных монументальных ансамблей очевидна архитектурная пестрота публичных пространств, порой приближающаяся к хаотичному коллажу. При-

ватное смешивается с публичным. Использование приемов ландшафтной архитектуры и дизайна приводит к тому, что публичные пространства становятся скорее камерными, чем строгими и официальными.

Итак, в результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что на переломе XX—XXI веков началось переформатирование социально-пространственной структуры российских городов. Во-первых, можно отметить трансформации бывших советских официальных публичных пространств и формирование новых, подчеркивающих преемственность досоветских и постсоветских традиций государственности. Во-вторых, происходит приватизация и коммерциализация общественных пространств, которые современным обществом рассматриваются как «пустые», «ничейные» территории, основное предназначение которых — «быть использованными». В-третьих, появляются новые «неофициальные» общественные пространства, которые призваны репрезентовать город как город, располагающий большим числом мест для социальных практик и позволяющий самоидентифицироваться горожанам как локальное сообщество с его культурой и традициями.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гройс Б. От пустоты к парадоксу. Strelka Press, 2012. 30 с.
2. Бархин Г. Б. Три площади // Архитектура СССР. 1934. № 2. С. 10—11.
3. Птичникова Г. А., Олейников П. П. Общественное пространство советского города 1930-х гг. (на примере проектов площадей Сталинграда) // Архитектурное наследие. Вып. 60. М., СПб.: КОЛО, 2014. С. 285—298.
4. Бринкман А. Э. Площадь и монумент как проблема художественной формы. М.: Изд-во Всесоюзной Академии Архитектуры, 1935. 296 с.
5. Птичникова Г. А. Особенности формирования культурного пространства советского города 1920—1930 гг. (на примере Сталинграда) // Советское градостроительство 1920—1930-х годов: Новые исследования и материалы. М.: Либроком, 2010. С. 156—170.
6. Желнина А. А. «Здесь как музей»: торговый центр как общественное пространство // Laboratorium. Журнал социальных исследований. 2011. № 2. С. 48—69.
7. Zukin S. The cultures of cities. Oxford: Blackwell, 1995. Pp. 35—37.
8. Бауман З. Текучая современность. СПб.: Питер, 2008. С. 105—106.
9. Невзоров А. Ю. Московские площади конца XX — начала XXI веков: взаимосвязь функций и пространства: автореф. дис... канд. архит. М., 2007.
10. Птичникова Г. А. Архитектурные трансформации общественных пространств современных российских городов: функция, форма, значение // Современная архитектура мира. Вып. 4. М., СПб.: Нестор-История, 2014. С. 151—166.
11. Вендина О. И. Реквием по общественным пространствам Москвы // Архитектурный вестник. 2008. 2 (101). URL: <http://archvestnik.ru/ru/magazine/av-2-101-2008/rekviem-po-obshchestvennym-prostranstvam-moskvu>
12. Паченков О. В. Публичное пространство города перед лицом вызовов современности: мобильность и «злоупотребление публичностью» // Новое литературное обозрение. 2012. № 117. URL: <http://magazines.russ.ru/nlo/2012/117/p33.html>
13. Маккуайр С. Медийный город. Медиа, архитектура и городское пространство. URL: <http://iknigi.net/avtor-skott-makkuayr/86916-mediynny-gorod-media-arhitektura-i-gorodskoe-prostranstvo-skott-makkuayr/read/page-15.html>
14. Квят А. Г. Кафе без еды, фастфуд как медиа, временный парк: поствиртуальность и город 3.0 в России // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 7. Философия. 2014. № 3 (23). С. 126—136.
15. Fischer C. America Calling. Berkeley: University of California Press, 1992. 424 p.
16. Gumpert G., Drucker S. J. The Urban Dilemma: A Communication Analysis and a Call for Papers // Communication Research. 1994. Vol. 21. Pp. 250—251.
17. Lieberg M. Teenagers and Public Space // Communication Research. Special Issue on Urban Communication. 1995. Vol. 22. Pp. 720—744.



18. Чуй Я. В. К вопросу о некоторых тенденциях изменения общественных пространств городов в конце XX — начале XXI веков // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 4. С. 125—128.
19. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. URL: [http://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Polit/kastel/06.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Polit/kastel/06.php)
20. Augé M. Non-lieux, introduction à une anthropologie de la surmodernité. Paris: Seuil, 1992. 155 p.
21. Градостроительство. Справочник проектировщика / под. ред. В. Н. Белоусова. М.: Стройиздат, 1978. 367 с.

© Антюфеева О. А., Птичникова Г. А., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Антюфеева О. А., Птичникова Г. А. Архитектурно-пространственная эволюция общественных пространств постсоветского города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 524—534.

Об авторах:

**Антюфеева Ольга Алексеевна** — канд. арх., доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

**Птичникова Галина Александровна** — д-р арх., профессор, директор Волгоградского филиала Научно-исследовательского института теории и истории архитектуры и градостроительства Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИТИАГ РААСН). Российская Федерация, 400131, Волгоград, пр. Ленина, 26, [vp\\_niitag@mail.ru](mailto:vp_niitag@mail.ru)

**O. A. Antyufeeva, G. A. Ptichnikova**

## THE ARCHITECTURAL AND SPATIAL DEVELOPMENT OF URBAN PUBLIC SPACES OF A POST-SOVIET CITY

The article discusses the problems of the architectural development of urban public spaces in Russian cities during the XX century in the context of different understanding of urban transformation theories. The authors identify the factors influencing the character of the public space in a capitalist, Soviet and post-Soviet city. The result of the work is the identification of functional and spatial transformations and architectural features of the formation of public spaces in modern Russian cities.

**Key words:** architecture, urban planning, urban public spaces, post-Soviet city.

### REFERENCES

1. Groys B. *Ot pustoty k paradoksu* [From emptiness to paradox]. Strelka Press, 2012. 30 p.
2. Barkhin G. B. [Three squares]. *Arkhitectura SSSR* [Architecture of the USSR], 1934, no. 2, pp. 10—11.
3. Ptichnikova G. A., Oleinikov P. P. [Public space of a Soviet city of the 1930s (by the example of projects of the squares in Stalingrad)]. *Arkhitekturnoe nasledstvo* [Architectural heritage], iss. 60. Moscow, Saint Petersburg, KOLO Publ., 2014. Pp. 285—298.
4. Brinkman A. E. *Ploshchad' i monument kak problema khudozhestvennoi formy* [A square and a monument as the problem of the art form]. Moscow, the Publishing House of the All-Union Academy of Architecture, 1935. 296 p.
5. Ptichnikova G. A. [Peculiar features of the formation of the cultural space of a Soviet city in 1920 — 1930s (by the example of Stalingrad)]. *Sovetskoe gradostroitel'stvo 1920—1930-kh godov: Novye issledovaniya i materialy* [Soviet town planning in 1920—1930s: New researches and proceedings]. Moscow, Librokom Publ., 2010. Pp. 156—170.
6. Zhelnina A. ["It's Like a Museum Here": The Shopping Mall as Public Space]. *Laboratorium. Zhurnal sotsial'nykh issledovaniy* [Laboratorium: Russian Review of Social Research], 2011, no. 2, pp. 48—69.

7. Zukin S. *The cultures of cities*. Oxford: Blackwell, 1995. Pp. 35—37.
8. Bauman S. *Tekuchaya sovremennost'* [Flowing modern times]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2008. Pp. 105—106.
9. Nevzorov A. Yu. *Moskovskie ploshchadi kontsa KhKh — nachala XXI vekov: vzaimosvyaz' funktsii i prostranstva* [Moscow squares of the late XX — early XXI centuries: interrelation of functions and space]. Diss. Cand. Architecture. Moscow, 2007.
10. Ptichnikova G. A. [Architectural alterations of public spaces in modern Russian cities: function, form, purpose]. *Sovremennaya arkhitektura mira* [Modern architecture of the world], iss. 4. Moscow, Saint Petersburg, Nestor-Istoriya Publ., 2014. Pp. 151—166.
11. Vendina O. I. [Requiem for public spaces in Moscow]. *Arkhiturnyi vestnik* [Architectural Bulletin], 2008, 2 (101). URL: <http://archvestnik.ru/ru/magazine/av-2-101-2008/rekviem-po-obshchestvennym-prostranstvam-moskvy>
12. Pachenkov O. V. [The public space of the city in the face of challenges of modern times: mobility and “abuse of publicity”]. *Novoe literaturnoe obozrenie* [New Literary Review], 2012, no. 117. URL: <http://magazines.russ.ru/nlo/2012/117/p33.html>
13. Makkuair S. *Mediinyi gorod. Media, arkhitektura i gorodskoe prostranstvo* [Media city. Media, architecture and urban space]. URL: <http://iknigi.net/avtor-skott-makkuayr/86916-mediynny-gorod-media-arhitektura-i-gorodskoe-prostranstvo-skott-makkuayr/read/page-15.html>
14. Kvyat A. G. [Anti-cafe, fastfood as amediaand pop-uppark: post-virtualityand city3.0 in Russia]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 7. Filosofiya. Sociologiya i socialnye tehnologii* [Science Journal of Volgograd State University. Philosophy. Sociology and Social Technologies], 2014, no. 3 (23), pp. 126—136.
15. Fischer C. *America Calling*. Berkeley: University of California Press, 1992. 424 p.
16. Gumpert G., Drucker S. J. The Urban Dilemma: A Communication Analysis and a Call for Papers. *Communication Research*, 1994, vol. 21, pp. 250—251.
17. Lieberg M. Teenagers and Public Space. *Communication Research. Special Issue on Urban Communication*, 1995, vol. 22, pp. 720—744.
18. Chuy Ya. V. [To the Question of the Few Tendencies of the Urban Public Spaces Changes at the End of XX - Beginning of XXI Centuries]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2015, no. 4, pp. 125—128.
19. Kastels M. *Informatsionnaya epokha: ekonomika, obshchestvo i kul'tura* [Information era: economy, society and culture]. URL: [http://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Polit/kastel/06.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Polit/kastel/06.php)
20. Augé M. *Non-lieux, introduction à une anthropologie de la surmodernité*. Paris, Seuil, 1992. 155 p.
21. Belousov V. N. (ed.). *Gradostroitel'stvo. Spravochnik proektirovshchika* [Town planning. Design engineer's reference book]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1978. 367 p.

*For citation:*

Antyufeeva O. A., Ptichnikova G. A. [The architectural and spatial development of urban public spaces of a post-Soviet city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 524—534.

*About authors:*

**Antyufeeva Olga Alekseevna** — Candidate of Architecture, Docent of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [urbanistika\\_14@mail.ru](mailto:urbanistika_14@mail.ru)

**Ptichnikova Galina Aleksandrovna** — Doctor of Architecture, Professor, Director of the Volgograd branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIITIAG RAASN). 2b, Lenina Avenue, Volgograd, 400131, Russian Federation, [vp\\_niitag@mail.ru](mailto:vp_niitag@mail.ru)

УДК 725.2.03 (470.45-25)

**Е. А. Баранская, Г. Н. Ковалева, Г. А. Гаджиев**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ПЛОЩАДИ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА В ВОРОШИЛОВСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА**

Проводится исторический обзор застройки площади торгового центра в Ворошиловском районе. Рассмотрены различные исторические периоды ее планировки и обустройства.

**Ключевые слова:** островная крепость, уездный город, городская планировочная структура, торговая площадь, культовое сооружение, грузовой порт, главный торговый комплекс.

История формирования планировочной структуры торговой площади в Зацарицынском районе г. Царицына началась еще в середине XIX века. Этапы формирования ее, с одной стороны, были уникальны для русской градостроительной практики, а с другой, имели общие черты строительной деятельности. Самое большое по размеру сложно организованное пространство имела торговая площадь, так как на ней происходила общественная жизнь горожан [1]. На торговых площадях русских городков обычно размещался храм, вокруг которого осуществлялась деятельность торговой площади. На ней также строились торговые лавки, склады, трактиры, административные здания и т. д. Причем часто расположения всех объектов было случайным, кроме расположения храма, ориентируемого своим алтарем на восток [2]. На этой же площади прямо с телег и возков осуществлялась торговля продуктами натурального хозяйства, мелкой утварью и ремесленными изделиями. Торговые площади чаще всего располагались в центре поселений и были достаточно большими по размерам, подвоз объектов торговли осуществлялся по дорогам, взвозам и другим путям. Очертания площади могли быть прямоугольными, многоугольными, круглыми и др.

В русской градостроительной практике каждое общественное здание (культовые сооружения, административные здания, торговые здания или их комплексы, складские помещения др.) имело вокруг себя территорию свободных пространств, где проходила общественная жизнь, бытовая и другая деятельность. Например, перед домом воеводы в каждом укрепленном городке имелось свободное пространство для организации на нем административных и бытовых функций [3]. В отличие от организации в структуре поселений территорий общественных зданий, жилые здания (избы) располагались в определенном порядке вдоль улиц — проездов или строго регулярно, или по рельефу местности.

Изучение архитектурно-градостроительного наследия Царицына — Сталинграда — Волгограда приводит нас к мысли, что планировка отдельных крупных градостроительных единиц, таких как торговая площадь, имела общие черты во всех районах города — центральном районе г. Царицына (бывшей крепости), Зацарицынском и Преображенском предместье, которые формировались на протяжении двух последних столетий. Градостроительная

структура крепости и близких к ней территорий с севера-востока и юга-запада постоянно видоизменялась и реконструировалась на протяжении XIX—XXI веков [4] (рис. 1).

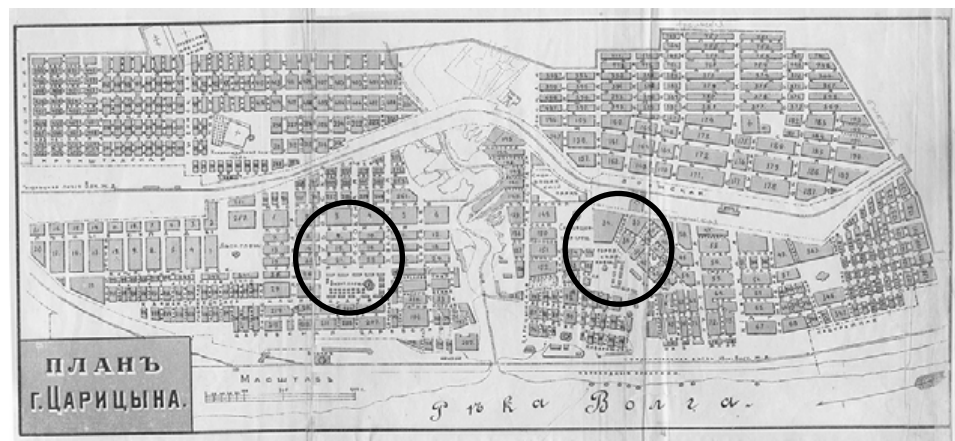


Рис. 1. План Царицына с указанием торговых площадей

Интересно проследить все этапы развития Царицынского поселения с целью выявления его градостроительной структуры, в которой торговые площади были главными градостроительными и планировочными единицами, а также сосредоточением общественной жизни города. Первоначально в конце XVI в. — начале XVII в. Царицынское укрепленное поселение существовало на высоком правом берегу р. Волги в месте слияния ее с речкой Царицей в качестве сторожевой крепости, возведенной из сосновых бревен. Крепость была построена служивыми солдатами под руководством воеводы князя Г. О. Засекина, она была выстроена (собрана из бревен) в течение одного лета. Причем строевой лес был подготовлен в районе города Казани и сплавлен по Волге к месту застройки сторожевой крепости. О точной дате образования Царицынской крепости мы узнаем из указной грамоты царя Федора Иоанновича (2 июля 1589 года) воеводе Г. О. Засекину. В ней царь упоминает о строительстве нового города и острога на переволоке между р. Волгой и р. Дон. Судя по этой грамоте, место для строительства крепости было выбрано на острове среди Волги, лежащем против устья реки Царицы, так как это место было удобным для обороны города и несения караульной службы. Островная крепость должна была защищать караваны судов, плывущих с верховья Волги в государства, вблизи Каспийского моря. Крепость также должна была защищать купеческие суда от нападений «воровских казахов» — разбойников, грабивших речные суда.

Но после весенних половодий на рубеже XVI—XVII вв. остров был затоплен, а крепость разрушена, поэтому в начале XVII века на высоком правом берегу Волги начали возводить новые укрепления, которые были надежно защищены глубоким оврагом реки Царицы с запада и водными преградами Волги с юго-восточной стороны. По обычаю русской градостроительной практики был возведен высокий тын с круглыми рублеными башнями в несколько ярусов и оборонительные сооружения в виде врытых в землю сосно-

вых бревен, которые располагались в несколько рядов и защищали крепость от агрессивной внешней среды.

О внешнем виде новой сторожевой крепости мы можем судить по гравюре, сделанной после 1636 года по описаниям секретаря Голштинского посольства Адама Олеария, который посетил Нижнее Поволжье, плывя по Волге с верховьев в низовья. Но следует обратить внимание, что гравюра была выполнена не с «натуры», а по словестному рассказу, поэтому наверняка на изображении нарушена реальная картина очертания крепости, отдельных ее деталей и природного окружения. Однако следует отметить, что Царицынская крепость была возведена по правилам возведения русских сторожевых крепостей, которые были схожими в своих очертаниях. Рассматривая и изучая визуально гравюру Адама Олеария (рис. 2), можно отметить, что крепость имеет планировку, вписанную в крутой рельеф местности, а также большое количество вертикальных доминант (силуэты сторожевых башен) в количестве тринадцати и трехглавой церкви в честь Покрова Богородицы. Перед храмом на гравюре можно заметить свободное пространство, что характерно для входов перед православными храмами [5].



Рис. 2. Гравюра Царицынской крепости, сделанная по описаниям Адама Олеария в 1636 году

Все сооружения были возведены из сосновых бревен местными солдатами-плотниками. На гравюре видно, что за стенами крепости на нижнем уровне берега расположены ряд палаток, сараев, складов и других деревянных сооружений, вокруг которых также имелось свободное пространство для организации торговой и бытовой деятельности. Дворы, жилые ряды и другие постройки образуют внутри крепости наличие кварталов и уличную сеть с узкими дворовыми участками и расположением домов торцами из-за нехватки места, но перед общественными зданиями в наличие небольшие свободные пространства — площади. Развитие планировочной структуры этих пло-

щадей интересно проследить по мере разрастания Царицынской крепости вдоль берега Волги на северо-восток и юго-запад. Форма их прямоугольная, а размер их меньше чем площадь перед церковью. Сторожевые башни возведены на всех углах крепости и вдоль стен примерно на равных расстояниях, что обеспечивает равномерную защиту окружающего природного пространства от нападения.

План крепости по визуальному анализу гравюры Олеария представлял собой неправильный параллелограмм, такая форма была продиктована топографией участка: берега рек Волги и Царицы сливались под углом около  $90^\circ$ . План крепости корректировался местными топографическими условиями (диагональ север-юг несколько длиннее диагонали запад-восток). На гравюре видно, что к проездым башням вели дороги со стороны реки Волги и речки Царицы. Позднее эти дороги продолжили внутреннюю планировку улиц и образовали движение внутри крепости [1].

В течение XVIII века на нижнем уровне реки Волги развивались предместья — слободы, застроенные на берегу шатрами, хозяйственными постройками, штабелями бревен для нового строительства и небольшой бревенчатой часовни, изображенной в правом углу гравюры. Постепенно сторожевая крепость расстраивалась на северо-восток и юго-запад. Первоначально начали осваивать северо-восточную часть свободной территории, которая находилась за неглубоким оврагом на месте нынешней улицей им. Володарского, а затем еще дальше на север за глубокий овраг на территорию нынешней Аллеи Героев. На схематической карте середины XVIII века (рис. 3) можно заметить застройку в юго-западной части от старой крепости за Царицынским оврагом и застройку северо-востока (Преображенское предместье), между предместьем и укрепленной частью крепости располагался широкий и глубокий овраг, а с северной стороны оврага озеро «Фонтанка». В конце XVIII века овраги стали постепенно засыпаться бытовым мусором и образовалось более удобное сообщение с Преображенским предместьем [3].

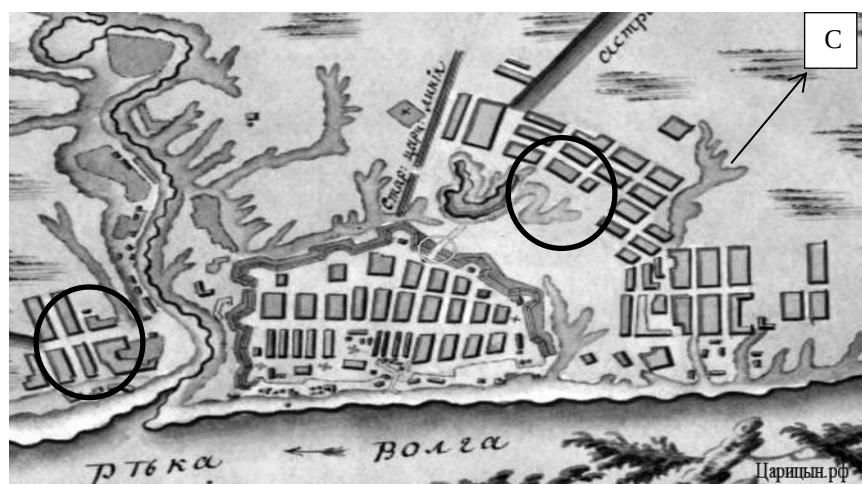


Рис. 3. Схематический план крепости с Преображенским предместьем на северо-востоке и застройкой Зацарицынского района на юго-западе



В начале XIX века стало разрастаться Преображенское предместье, где первоначально расселили солдат, прибывших в крепость из Преображенского полка. Улицы нового предместья были ориентированы почти строго с севера на юг. На территории засыпанного глубокого оврага (территория Аллея Героев) между старой крепостью на юго-западе и новым Преображенским предместьем возникла большая торговая площадь в форме неправильного пятиугольника, повернутая углом к реке Волге.

На образовавшемся пустыре примерно в середине XIX века возникла главная базарная площадь города Царицына (рис. 4). На фотографиях второй половины XIX столетия видны многочисленные кирпичные здания, принадлежавшие богатым царицынским купцам: братьям Рысиным, Лапшину, Репину, Воронину и др. Здания были двухэтажными, обращенными главным фасадом к площади, на первом этаже в них располагались торговые лавки и склады. В лавках торговали церковной утварью, скобяными изделиями, галантерей, разнообразными продуктами натурального хозяйства и др. По периметру площади также располагались трактиры и другие питейные заведения, где собирались горожане отобедать и даже обсудить деловые вопросы, касающиеся торговли. На этой же площади шел торг также и с телег, продуктами сельскохозяйственного труда и ремесла. На фотографиях конца XIX века видно, что площадь была застроена со всех сторон кирпичными лавками, а телеги и крытые навесы из дерева располагались беспорядочно в середине площади вокруг Преображенской церкви. Торговая функция площади постоянно усложнялась и наполнялась все большими социальными и бытовыми функциями [6].



Рис. 4. Главная торговая площадь в центральной части г. Царицына

С середины XIX века железные дороги в окрестностях Царицына связали уездный город с железнодорожной станцией на Дону в районе г. Калача и со станцией в северном направлении — Грязи.

В южном направлении была построена железнодорожная ветка, которая связала Царицын со станцией Тихорецкая. Таким образом, Царицын превратился в крупный торговый центр Нижнего Поволжья. В этот же период развивается строительство грузового порта в Зацарицынской части города. Начинает бурно разрастаться Зацарицынский Фордштад. Еще в 1820 году по указу царя Александра I был разработан план города Царицына, утвержденный в том же году (рис. 5). На этом плане зафиксирован план крепости и новая регулярная сетка улиц с главной прямоугольной площадью в центре Зацарицынского района.



Рис. 5. Чертеж плана города Царицына, выполненный по указу царя Александра I в 1820 году

В центре Зацарицынского Фордштата в конце второй половины XIX века образовалась крупная торговая площадь (рис. 6) (ныне на ней расположен самый популярный у жителей города Ворошиловский ТЦ). Как видно на плане, площадь заняла целый квартал, ее размеры около 500 на 200 м. Площадь окружили с двух сторон главные перпендикулярные Волге улицы Дубовская (нынешняя Академическая) и ул. имени Ким (Сердобская) и две улицы, параллельные Волге, ул. Каширская (имени Циолковского) и главная улица Зацарицынского района — ул. Княгининская (ул. Рабоче-Крестьянская) [6].

Площадь со всех сторон застроена торговыми зданиями: лавками, складами, магазинами, трактирами. В конце XIX века на площади возвели Вознесенскую церковь с высокой колокольней из красного кирпича, (колокольня церкви была самой высокой в городе Царицыне). Ее построили на средства купца второй гильдии Ивана Васильевича Калинина.

Торговая функция площади сохранялась и после революции 1917 года, активная торговля на этом месте продолжалась и в предвоенные 40-е годы XX века, набор товара сильно изменился по сравнению с дореволюционными временами. Во время Сталинградской битвы почти все торговые одноэтаж-



ные и двухэтажные сооружения на площади были частично разрушены, а после войны в конце 40-х начале 50-х годов XX в. полностью восстановлены, причем многие из них сохранили первоначальный вид, особенно строения на улицы Дубовская (Академическая) [5].



Рис. 6. Торговая площадь в Зацарицынском районе (конец XIX века)

В начале XXI века улица Академическая подверглась значительной реконструкции, многие одноэтажные здания из красного кирпича подверглись реновации. Двухэтажные торговые лавки, выходящие своими фасадами на улицу Княгининскую (ныне Рабоче-Крестьянскую) приобрели новые черты стиля Сталинский ампир, в этом виде они сохранились до настоящего времени [7]. Еще в начале 70-х годов XX века площадь опять стали реконструировать, архитектор А. Савченко запроектировал и выстроил торговый комплекс, состоящий из круглого в плане Колхозного рынка, многоэтажного Дома быта и длинного одноэтажного комплекса различных торговых заведений, таких как несколько кафетерий, кулинарии, фотоателье, парикмахерской и продуктового магазина и т. д. Весь этот комплекс зданий своими фасадами выходил на улицу Рабоче-Крестьянскую и улицу им. Ким, он был сооружен из современных для того времени строительных конструкций и материалов — бетона и стекла. Архитектурный облик этого торгового комплекса отвечал лучшим образцам советской архитектуры того времени.

В начале XXI века с 2005—2008 г. торговый комплекс вновь реконструировали. Проект торгового комплекса был разработан строительными конструкторами из Югославии, а фасад торгового здания запроектировал один из лучших архитекторов г. Волгограда В. А. Русанов (вариант фасада изображен на рис. 7). На фото видно, что членения фасада из стекла и металла главного торгового комплекса были в этом варианте более крупными, а композиция геометрических элементов главного фасада была более сложной и монументальной по своему облику [8].

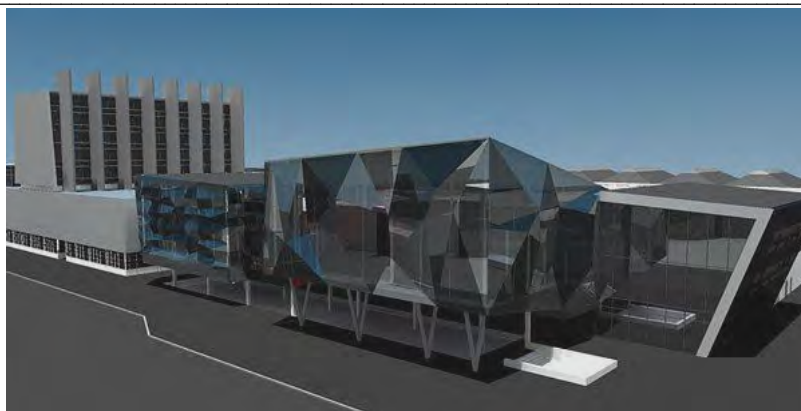


Рис. 7. Один из экспериментальных вариантов главного корпуса ТЦ

Окончательно комплекс Торгового центра преобразил улицу Рабоче-Крестьянскую в конце 2008 года. Современная планировка всего квартала, где расположен данный торговый центр, вновь подверглась изменению: торговые площадки центра были соединены в двух объемах прямоугольной формы, но с разными крупными геометрическими членениями фасадов. По сравнению с XIX в. торговую площадь, размещавшуюся во многих мелких зданиях по ее периметру заменил крупный многоярусный объект с современной парковкой. От свободного пространства бывшей площади остался небольшой благоустроенный и вновь озеленный сквер, выполненный по проекту Э. Э. Красильниковой. Новаторский облик комплекса зданий Торгового центра сначала не приняли многие горожане, но через несколько лет облик этого сооружения по праву стал считаться одним из самых красивых и современных объектов архитектуры города Волгограда. Ныне он является его архитектурным брендом (рис. 8, 9).



Рис. 8. Общий вид Ворошиловского торгового центра

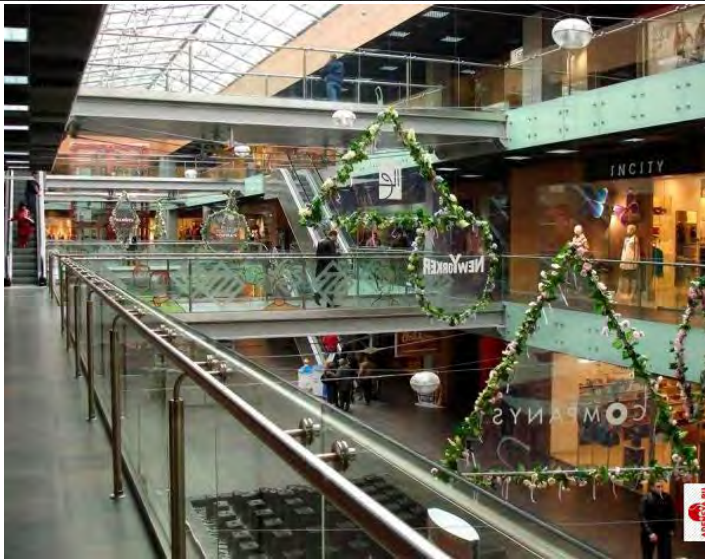


Рис. 9. Фото интерьера многоярусного зала Ворошиловского торгового центра

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сколков Г. С. Царицын — Сталинград в прошлом: очерк первый: 1589—1862 гг. Сталинград: Издание Сталинградского общества граеведения, 1928. 42 с.
2. Серебряная В. В. Культурное зодчество Волгоградской области. Волгоград: Издатель, 2002. 335 с.
3. Птичкова Г. А., Ястребова Н. А. Архитектурный образ города и время: эволюции, трансформации, деформации (на примере Волгограда) // Архитектура и время. 2012. № 5.
4. Борисовский Г. Б. Красота и польза в архитектуре. М.: Стройиздат, 1975. 129 с.
5. Аргасцева С. А., Гуренко Л. В., Жорова Е. П. Свод историко-архитектурного наследия Царицына — Сталинграда — Волгограда (1589—2004 гг.). Волгоград: Панорама, 2004. 240 с.
6. Водолагин М. А. Очерки истории Волгограда 1589—1967. М.: Наука, 1968. 448 с.
7. Олейников П. П. Архитектурное наследие Сталинграда. Волгоград: Издатель, 2012. 563 с.
8. Линч К. Образ города. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.

© Баранская Е. А., Ковалева Г. Н., Гаджиев Г. А., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Баранская Е. А., Ковалева Г. Н., Гаджиев Г. А. История формирования планировочной структуры площади торгового центра в Ворошиловском районе города Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 535—544.

Об авторах:

**Баранская Елена Аркадьевна** — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Ковалева Галина Николаевна** — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Гаджиев Г. А.** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**E. A. Baranskaya, G. N. Kovaleva, G. A. Gadzhiev**

## THE HISTORY OF THE PLANNING PATTERN FORMATION OF THE SHOPPING SPACE OF THE MALL IN VOROSHILOVSKY DISTRICT IN VOLGOGRAD

The historical review of the shopping space development of the mall in Voroshilovsky district is presented. Different historical periods of its planning and arrangement are considered.

**Key words:** island fortress, country town, town planning pattern, shopping space, place of worship, cargo port, main shopping mall.

### REFERENCES

1. Skolkov G. S. *Tsaritsyn — Stalingrad v proshlom: ocherk pervyi: 1589—1862 gg.* [Tsaritsyn — Stalingrad in the past: the first sketch: 1589—1862]. Stalingrad, Publication of Stalingrad Society of Regional History, 1928. 42 p.
2. Serebryanaya V. V. *Kul'tovoe zodchestvo Volgogradskoi oblasti* [Church architecture in Volgograd Oblast]. Volgograd, Izdatel' Publ., 2002. 335 p.
3. Ptichnikova G. A., Yastrebova N. A. [Architectural character of the city and time: evolutions, transformations, alterations (by the example of Volgograd)]. *Arkhitektura i vremya* [Architecture and Time], 2012, no. 5.
4. Borisovskii G. B. *Krasota i pol'za v arkhiterture* [Beauty and benefit in architecture]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1975. 129 p.
5. Argastseva S. A., Gurenko L. V., Zhorova E. P. *Svod istoriko-arkhitekturnogo naslediya Tsaritsyna — Stalingrada — Volgograda (1589—2004 gg.)* [The collection of historical and architectural heritage of Tsaritsyn — Stalingrad — Volgograd (1589—2004)]. Volgograd, Panorama Publ., 2004. 240 p.
6. Vodolagin M. A. *Ocherki istorii Volgograda 1589—1967* [Sketches of the history of Volgograd 1589—1967]. Moscow, Nauka Publ., 1968. 448 p.
7. Oleinikov P. P. *Arkhitekturnoe nasledie Stalingrada* [Architectural heritage of Stalingrad]. Volgograd, Izdatel' Publ., 2012. 563 p.
8. Lynch K. *Obraz goroda* [The image of the city]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1982. 328 p.

### For citation:

Baranskaya E. A., Kovaleva G. N., Gadzhiev G. A. [The history of the planning pattern formation of the shopping space of the mall in Voroshilovsky district in Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 535—544.

### About authors:

**Baranskaya Elena Arkad'evna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Kovaleva Galina Nikolaevna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Gadzhiev G.A.** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 711.03 (470.45)

**В. В. Серебряная**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МАЛОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ГОРОДА ДУБОВКИ (ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)<sup>1</sup>**

Рассматривается процесс формирования архитектурно-планировочной структуры малого исторического города Дубовки. Предметом специального исследования впервые стали архивные документы. На их основе, а также на основе материалов натурного обследования, письменных источников дан подробный анализ планировки и застройки города. Сделана попытка частично восстановить его первоначальную планировку. Определены функции, повлиявшие на формирование планировочной структуры города. Отмечено, что преобразование Дубовки по единому градостроительному замыслу начала XIX в. имеет преемственность с последующими этапами развития города.

**Ключевые слова:** Дубовка, Волгоградский регион, архитектурно-градостроительное наследие, Волжское казачье войско, посад, генеральный план.

Дубовка — один из малых исторических городов России, жизнь которого сравнивали с уездным городом, прошел развитие с первого поселения в конце XVI в. до начала 1917 г. До сегодняшнего дня в нем сохранилась регулярная планировка, значительное количество памятников архитектуры, сконцентрированных в его историческом центре. В конце 80-х гг. XX в. коллективом кафедры архитектурного проектирования ВГИСИ (сегодня ВолГТУ) под руководством автора была начата работа по выявлению памятников архитектуры Дубовки. Однако серьезного и глубокого исследования архитектурно-градостроительного наследия города не проводилось. Работа ограничилась составлением паспортов на небольшое количество памятников. Что касается специфики градостроительной структуры города, этапов ее формирования, то в этом плане город оставался не изученным. В ряде научно-популярных публикациях был дан только общий обзор истории города.

В статье на основе эмпирического материала (архивных документов и опубликованных источников), полученных данных в ходе собственных натурных обследований и изысканий, анализа исторических сведений впервые систематически анализируется планировочная структура, прослеживаются этапы формирования планов, выявляется роль исторических, географических и экономических факторов в формировании архитектурно-пространственной среды малого исторического города Дубовки.

Город Дубовка входил в Царицынский уезд Саратовской губернии (сегодня районный центр Волгоградской области, в 55 километрах от Волгограда), располагается на правом берегу реки Волги. С юго-восточной стороны города расположено Волгоградского водохранилища. Рельеф местности представлен юго-восточным окончанием Приволжской возвышенности. Река Дубовка течет с северо-запада на юго-восток и делит город на две неравные части: лево-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда и а/В. Проект № 16-14-34003.



бережную и правобережную и является естественной границей между наименьшей более древней частью (правобережной) и большой (левобережной), на которой проходило основное развитие Дубовки. Территория, прилегающая к р. Дубовке, пересечена большим количеством балок и оврагов. Берег Волги также изрезан впадающими в нее оврагами.

А. Н. Минх отмечал, что Дубовка имеет «местоположение довольно красивое...». [1, с. 94] О красивом местоположении посада писал Н. П. Боголюбов, путешествуя по Волге: «Наружный вид Дубовки очень хорош, не говоря уже о ее красивой местности... Счастливое положение Дубовки, лежащей на возвышенности нагорного берега, на начале сухопутного волока между Волгой и Доном, привлекло сюда множество купечества и сосредоточило капиталы...» [2, с. 367]. Подтверждает это и высказывание протоиерея посада Андрея Флегматова: «Местность Дубовки крутобережная, песчанная, с обильной ключевой водой... Среди почти посада от севера на юг до самой Волги проходит глубокий буерак — русло р. Дубовки» (Саратовские епархиальные ведомости. № 10. Саратов, 1885. С. 258). Обширность речной акватории Волги предопределила главенство ландшафтно-природного начала в облике Дубовки и наличие внешней панорамы.

Таким образом, ландшафт был одним из важных компонентов городской структуры, влияющий на форму и облик города.

Благодаря выгодному географическому положению Дубовки и транспортировке грузов с Волги на Дон, посад быстро богатеет. В 60-е гг. XIX в. Дубовка становится в уезде вторым центром (торговым) после его административного центра — Царицына. Н. И. Костомаров, посетив Дубовку в 1858 г., отмечал: «Дубовка в настоящее время есть одно из замечательнейших торговых мест в России. Нигде нет такого важного волока как между Дубовкой и Качалиным в пункте ближайшего сближения Волги с Доном. С одной стороны Волга со своим водяным путем открывает югу сообщение с северо-восточным путем России, Балтийским морем и посредством Камы с Сибирью, с другой — Дон пролагает этим дорогу к Азовскому и Черному морям. Дубовка стоит в самом счастливом месте» [3].

Когда было положено начало заселения Дубовки до появления здесь волжского служивого казачества, в источниках нет определенных сведений. А. Н. Минх, ссылаясь на местное придание, считает, «что Дубовка была основана в конце 1500-х гг.» [1, с. 104]. Однако анализ источников по истории казачества на Юге России дает основание считать, что еще до появления городка Дубовка территорию на мысу при впадении речки Дубовки в Волгу освоили вольные казаки в середине XVI в.

Прежде всего, первыми поселенцы были волжские казаки, которые бежали в низовье Волги после завоевания Казанского (1552 г.) и Астраханского (1554 г.) ханств. Нижнее Поволжье стало центром вольного волжского казачества. «Волжские казаки — это донские переселенцы, вступившие в казачество, беглые крестьяне, опальные люди, все кто не желал подчиняться московскому царству» [4, с. 21]. Место при слиянии Дубовки с Волгой было хорошим укрытием от преследования правительственных войск и удобным для нападений на торговые караваны и ногайские кочевья. Территорию покрывали густые дубовые леса, которые, по сведениям А. Н. Минха хищнически были вырублены. Об этом свидетельствует и другой источник: «В Царицынском

и Камышинском уездах по Волге — дуб и осокор. Казаки рубили лес, как бог на душу положит. Много было истреблено леса. Во многих станицах был почти вырублен. 12 марта 1893 г. было введено положение о станичных лесах. Введены лесные сторожа» [5, с. 858—865].

Посилившиеся в низовье Волги в труднодоступных местах «волгские воровские» казаки, (впервые «волгские воровские» казаки упоминаются в летописях 1560 г.) создавали большие проблемы московским властям. Кроме того, после взятия Казани и Астрахани на южных окраинах Русского государства, в южнорусских степях существовала постоянная опасность набегов крымских татар, которые в своих руках держали Волжский торговый путь в страны востока. Стояла проблема — укрепления южных границ. Для охраны государственной границы московская власть с 1557 г. пыталась мирным путем договориться с вольными казаками, однако эта попытка оказалась неудачной. Казаки постоянно выступали против русского правительства.

Иван Грозный для улучшения организации пограничной службы на юге страны в 1571 г. проводит реформу «о станичной и сторожевой службе», по которой на протяжении второй половины XVI в. здесь была создана система оборонительных линий, сделаны пограничные заставы. Московские власти к охране южных границы привлекали не только регулярные части, но и начинают применять военный опыт казаков, привлекая их к постоянной государственной пограничной службе (до середины XVI в. вольные казаки не включались в состав русского войска), для чего используют различные средства. Так, поступивших на службу конных казаков стали обеспечивать земельными «дачами», боевыми припасами, снаряжением и продовольствием. Первоначально численность казаков в пограничных заставах было невелико, но так как солдаты возвращались в полковую службу, то их заменяли казаки.

Таким образом, первый этап заселения Дубовки относится ко времени правления царя Ивана Грозного. В конце XVI в. из «волгских воровских» казаков за рекой Дубовкой сформировался отряд оседлого, служилого волжского казачества, который нес гарнизонную и сторожевую службу. Здесь было построено небольшое укрепление, как указано А. Н. Минхом, ссылаясь на придание, оно находилось на месте Дубовки, и до 1732 г. *именовалось городком (курсив мой. С.В.)* [1, с. 94]. А. Н. Минх считал эти сведения приданием, скорее всего, он мог не знать об особенностях поселений донских казаков. На самом деле, считает автор, это было одно из самых ранних поселений донских казаков. Они «были маленькие крепостцы, или острожки, обнесенные вокруг стеною из двойного плетня или двойного палисадника, внутри набитых землею, отчего и получили название городков» [6, с. 130].

Волгские казаки представляли собой древнюю общину, происшедшую, по всей вероятности, от Донцов [7, с. 2-3]. В Дубовке как раз большая часть служилых волжских казаков состояла из донцов, поэтому становится понятным, почему она именовалась городком. Особенность городков отмечал В. Д. Сухоруков: «И начало, и образ, и способы всех сих поселений отличны от известных нам в других провинциях России» [6, с. 18]. Городки отличались от других типов донских казачьих поселений не только их военным характером. По мнению выдающегося исследователя по истории донского казачества Н. И. Краснова (1833—1900), в конце XVI столетия «городки и зимовища (зимовники) имели между собою то различие, что первые были

жилища постоянные, а последние составляли временный и преимущественно зимний приют» [8, с. 53]. Дубовское укрепление и ранний казачий городок были разрушены. На этот период отсутствуют иконографические источники. Информация о том, что Дубовка являлась городком, имеет большое значение, так как дает возможность на основании описаний, оставленных гражданскими и военными чиновниками, путешественниками XVIII—XIX вв., предположить, какой была на начальном периоде пространственная организация города в конце XVI в.

Описаний казачьих городков за XVI в. не сохранилось, если не считать «Роспись от Воронежа Доном — рекою до Азова, до Черного моря сколько верст и казачьих городков и сколько по Дону всех казаков, кои живут в городках», в которой даны очень скудные сведения. Исследователь донских казачьих поселений В. И. Королев датирует эту роспись предположительно 1593 г. [9]. Очень мало имеется описаний и за XVII в. В настоящее время мы располагаем только дореволюционными источниками, которые достаточно хорошо изучены. Для комплексного изучения казачьих поселений нет археологических материалов, так как велись лишь единичные исследования археологов. Поэтому восстановить примерный облик раннего городка Дубовки проблематично. Планировка самого раннего этапа развития этого города ранее нигде не рассматривалась. Несмотря на это, автор считает необходимым попытаться дать представление об этом периоде архитектурно-строительной истории Дубовки.

Надо полагать, что он строился по образу донских казачьих городков. Поселение Дубовка волжские казаки создавали традиционно «в низинах, в камышовых зарослях, на островах, то есть в местах неудобных для жилья, но дающих возможность легко укрыться, уйти через ерик или реку на лодках». [10, с. 65].

Пытаясь охарактеризовать планировку Дубовки конца XVI—XVII вв., мы будем опираться на аналоги, описанных городков донских казачьих поселений. По скудным сведениям «Росписи...», ранние казачьи городки были небольшими укрепленными поселениями. На основе изучения этого и других источников В. Н. Королев считает, что к концу XVI века на берегах Дона располагалось около тридцати городков. Из «Росписи...» он приводит примеры таких городков, как Клецков (30 казаков), Сиротин (50 казаков) и т. д. По сведениям турецкого путешественника Эвлии Челеби, который в январе 1667 г. проехал от Переволоки до Азова, на Дону все донские городки были «сильными крепостями из дерева». Он дает описание укреплений городков, которые посещал. Например, в одном из городков: «деревянная крепость, маленькая, но прочная, вследствие своей шестиугольной формы» [11, с. 3]. О городках, имеющих хорошие деревянные укрепления, писал в 1699 г. К. Крюйс: «большая часть... имеет деревянные валы...и двойными полисадами обнесены...» [12, с. 49—50].

Имеется описание донских казачьих городков и в русской историографии XVIII века. Несколько работ, касающихся этой темы, посвятил инженер-строитель крепости Дмитрия Ростовского (Ростов-на-Дону) А. И. Ригельман. Он тоже отмечает, что городки имели деревянные укрепления: «Прочие же городки или станицы имели около себя деревянное же с двойным полисадом укрепление, а другие с насыпкой земли между деревом» [13, с. 8]. О том, как укреплялись



городки, сообщает И. Краснов, они «были обведены кругом стеною из двойного плетня, или палисадника, набитого внутри землею» [9, с. 53].

В первой половине XIX в. Е. А. Ознобишин практически обследовал все поселения Войска Донского, собрал воспоминания старожилов казачьих станиц, описал несколько городков. Данное им подробное описание Цимлянско-го городка (начало XVII в.) подтверждает более ранние сведения об укреплении первых казачьих поселений. Городок был окружен земляной насыпью, «впереди которой шла изгородь из длинных колотых полупластин, врытых в землю в аршин и более. Впереди частокола был еще и плетень из лозы, перевитый терном... В городок вели одни ворота, где постоянно были караульные. Около станичной избы устроена была деревянная вышка для наблюдения за окрестностями» [14, с. 47—49]. Городки имели различную в плане форму: прямоугольника, квадрата, круга, овала (иногда в виде подковы), реже треугольник и шестиугольник. Эвлии Челеби отмечает только 3 крепости треугольной формы и одну шестиугольной. Скорее всего, разнообразие планировки городков зависело от рельефа и особенностей местности.

Таким образом, на основании анализа приведенных выше сведений о ранних донских казачьих городках делается попытка критически осмыслить легенды об основании Дубовки. Анализ позволяет установить, что в планировке Дубовки конца XVI—XVII вв. были заложены основные принципы функциональной организации пограничного поселения, что и в донских городках. Планировочная структура городка определялась охранной функцией. Дубовка в данный период представляла некую крепость-городок.

Небольшое укрепление-городок Дубовка с тремя батальонами существовал до начала 30-х гг. XVIII в. и был уничтожен ордынцами, что ослабило Царицынскую сторожевую линию. Поэтому для ее содержания «ради прикрытия селения от набегов калмыцких и ногайских татар» в 1732 г. императрица Анна Иоанновна издает Указ о переселении с Дона 1067 семей на место, разоренной Дубовки «под названием Волжского городка» (РГАДА. Ф. 1356. Оп. 1. Ед. хр. 5117). В 1734 г. появляется ею же подписанный Указ, об учреждении Волжского Войска казаков, которое должно было нести государственную службу. В нем были собраны казаки дубовские, самарские, саратовские, царицынские и др. Центром новообразованного Волжского войска становится Дубовка, где находился атаман и войсковая канцелярия (РГАДА. Ф. 1356. Оп. 1. Ед. хр. 5117). Поволжье между Камышиным и Царицыным называлось землею Волжского Войска. Первым войсковым атаманом Волжского казачьего войска был Персидский Макар Никитич (1679—1771). Казачьим городком Дубовку называет и П. С. Паллас, посетивший его в 70-е гг. XVIII в. Он пишет, что «от речки Большой Пичуги... в 7 верстах попался нам ручей Дубовка, и за оным лежащий казачий городок, получивший свое название от ручья» [15].

Таким образом, выбор территории для строительства нового казачьего городка предreshался стратегическим фактором: крепость-городок Дубовка остается на прежнем месте, хорошо защищенном, пригодном к оборонительным функциям.

С 1734 г. начинается новый этап развития Дубовки. Этот год официально считается основанием города. На положении пограничной крепости Дубовка находилась с 1732 по 1776 гг.

На формирование планировки Дубовки повлияли ее функциональные изменения. Причиной этих изменений послужило переселение Екатериной II в 1776 г. на Терек (на Кавказскую линию) волжских казаков из Дубовки из-за их участия в крестьянской войне Е. Пугачева. В нем оставалось всего несколько семей, к тому же до этого в 1775 г. был сильный пожар, который уничтожил почти весь городок. А. Н. Минх приводит объяснения атамана Персидского о последствиях этого пожара: «...15 июля 1775 года, в 7 часов дня, после службы, загорелась (внутри) деревянная Успенская церковь; вся богатая утварь церкви, образа и прочее сгорели. Огонь, при бывшем ветре, распространился по городу, и выгорело войскового атамана, старшинских и казачьих дворов 172 до основания, со всем имуществом, ружья и прочее, лавки с товарами, башня, на которой под пушками 3 лафета с принадлежностями, принятая казаками в жалованье мука, овес, у иных — лошади...» [1]. Казачий городок опустел.

После этого населяли Дубовку казаки бывшего Волжского войска и государственные крестьяне, которые прибывали сюда из разных губерний. В связи с возрастанием к 1785 г. значения «торгового магистрального пути» Волго-Дон, оборонительная функция городка отпала, крепость утратила свое значение и была упразднена. Статус Дубовки изменился. По Высочайшему указу было предписано «бывшее селение Волжских казаков по выгодности Его положения обратить в посад» (ГАВО. Ф. 235. Оп. 2. Д. 1, 2). В документе из РГАДА говорится, что в царствование императрицы Екатерины II Дубовка «из обыкновенного Государственного селения переименована в посад в 1797 г.» (РГАДА.Ф. 1356. Оп. 1. Ед. хр. 5117). В этом сообщении смущает то, что в нем указано, будто Дубовка в посад была переименована в 1797 г., но, как известно, Екатерина II скончалась (6 ноября 1796 г.). Дату обращения «селения» Дубовки в посад, указанную в документе из РГАДА, подтверждает изучение материалов из фонда 235 Дубовской посадской ратуши за 1797 г. в ГАВО. Как видно из этих дел Дубовской посадской ратуши, придание Дубовки в 1785 г. статуса посада было номинально. Таким образом, указ императрицы мог быть издан в 1796 г., но административное оформление получил только в 1797 г. До этого времени он продолжал называться селением (ГАВО. Ф. 331. Оп. 1. Ед. хр. 34, ГАВО. Ф. 233. Оп. 1. Ед. хр. 63, 66). На то была причина, которая заключалась в «малоимения людей» «для суда и расправы жителей в тамошнее купечество и мещанство поступивших ратуши еще не открыто» (ГАВО. Ф. 235. Оп. 2. Д. 15. Л. 2). Исследователь истории образования Дубовского посада С. Л. Перечицкая убедительно доказывает, что «до 1791 г. Дубовка по-прежнему называется «селением». Начиная с 1788 г., встречаются единичные случаи упоминания «посада» [16]. Придание Дубовке статуса посада было обусловлено усилением ее торговой функции. Экономический потенциал посада быстро увеличивался. Из посадского население выделилось купеческое сословие. В 1797 г. купцов было «637 душ» (ГАВО. Ф. 235. Оп. 2. Д. 15. Л. 2). По уровню экономического развития среди городов Саратовской губернии конца XVIII — начала XIX вв. Дубовка, благодаря возрастающему значению знаменитой переправы на Дон, выделялась зажиточным купечеством. К середине XIX в. она была единственным центром переправы грузов между двумя важнейшими речными системами юго-востока европейской России. Эти обстоятельства оказывали влияние на раз-

витие города. Возникла потребность в коренном преобразовании его планировочной структуры.

Изученные архивные материалы позволили частично восстановить первоначальную планировку Дубовки. Автором в РГАДА, РВИА, РГИА обнаружены самые ранние планы города. Это фиксационные регулярные планы, датированные началом XIX в. Они дают нам информацию о планировочной структуре дорегулярного города конца XVIII — начала XIX вв. На ранних регулярных планах провинциальных российских городов показывались не только проектируемые преобразования планировочной структуры, но и ее состояние к моменту перепланировки.

Градостроительная ситуация Дубовки конца XVIII — начала XIX вв. представлена известными нам трех фиксационных планов с 1808 по 1820 гг., снятых землемерами Решетниковым, Рукавишниковым, Ляминым (?). На каждом из них соотнесены два города: будущий, проектируемый регулярный и реальный дорегулярный. На листах двух планов, которые можно отнести к 1810 гг. и подтвержденном 1820 г., существующий город просматривается сквозь линии нового плана, изображен схемой, выполненной пунктиром, а на листах, подписанных Рукавишниковым и Ляминым (?), освоенные территории покрыты более темным тоном.

На трех планах из четырех, кроме подтвержденного 1820 г., кварталы дорегулярного города идентичны. Хотя в планировке города контуры кварталов в обеих его частях не всегда правильны, все же в ней наблюдается попытка создать подобие правильности их форм (прямоугольные, трапециевидные, треугольные).

Крепость, расположенная на мысу, образованном слиянием двух рек — Дубовки и Волги, ко времени снятия дорегулярного плана, в отличие от городов Царицына и некоторых городов Саратовской губернии, не стала в качестве основного градостроительного ядра города. На территории бывшей крепости к началу XIX в. насчитывалось 7 кварталов, из которых 3 имели трапециевидную форму, а форма остальных соответствовала изгибам оврагов и р. Дубовки. Улицы, спускающиеся к Волге, связывались между собой переулками.

При постепенном отмирании оборонительной функции крепости, развитие города шло за счет посадской застройки, занимаемой пространство на левом берегу р. Дубовки. Дубовка росла в сторону выгона. Здесь появилось единое жилое образование.

Следующий фиксационный план рубежа XVIII — начала XIX вв. четко просматривается сквозь очертания первого подтвержденного регулярного плана 1820 г. Он отличается от рассмотренных ранее планов. Так, на территории крепости увеличивается число кварталов с более разнообразной формой. Ранее самый большой квартал разбивается на два широкой поперечной улицей, ведущей к реке Дубовке, на месте разбитого сада образован новый квартал, при этом сохраняется прежняя трассировка улиц, выходящих на Волгу.

Претерпела изменение и планировка левобережной части р. Дубовки. Кварталы, близкие к берегу Волги, получили запутанную, хаотичную планировку. Территорию большого сада в северо-восточной части посада заняли два квартала селитьбы: крупный неправильной формы прямоугольник и не-

большой трапециевидный, разделенные узкой улицей под углом к Волге, вытянутые с северо-востока на юго-запад. На северной окраине, на оси главной улицы появился еще один квартал сложной конфигурации. На прежнем месте остается хорошо читаемый центр — трапециевидная площадь с собором, дом Персидского и каменные торговые лавки. Площадь, часть кварталов, расположенные в петле, образованной оврагом.

На основе анализа рельефа, фиксационных планов и коммуникационных связей между дорогами из посада на Камышин и Царицын выявлена система улиц города. Анализ показал, что в расположении улиц есть определенная закономерность. Так, в левобережной части города одна улица, от которой отходили длинные узкие улицы, связанные короткими переулками, проходила по центру посада под углом к главной сквозной широкой улице (Московской), идущей от развилки почтовых трактов на Камышин и Царицын в сторону Волги к площади с церковью. Поперечные узкие переулки выходят на главную улицу. Композиционно удачно выбрано место для площади. Благодаря постановке церкви на оси улицы у самого выхода ее на прямоугольную площадь, открывается вид на городскую доминанту со стороны Волги и въезда. Площадь находится на некотором расстоянии (около 300 м метров) от берега Волги из-за затопляемости весной.

Можно считать, что эта площадь возникла до переселения Волжского казачьего войска на Терек. Ее планировочная особенность была характерна для городков, станиц Войска Донского, например в станицах Скуришенской, Усть-Медведицкой и др. Это можно объяснить тем, что боевые действия казаки главным образом вели конными силами («вехами»), что требовало быстро собраться по тревоге на площади (майдане) и выехать за пределы поселения. На юго-восточной окраине на берегу Волги располагалось кладбище, к которому от площади шла улица параллельно Волге.

О застройке Дубовки в 1770-е годы известно из описания П. С. Палласа, который побывал там в эти годы: «В Дубовке находится одна старая деревянная церковь и одна каменная еще не совсем достроенная церковь и несколько сот домов. Дом покойного атамана Персидского... Сверх сего завел он также строения публичного запасного дома и гостиного двора из каменных иверней. Для сих строений ломали камень на берегах Волги и Иловле» [15]. Из этого изложения становится известен используемый строительный материал: дерево, камень, иверьи (осколки кирпичей и мелкие камни).

На планах съемкой зафиксировано 5 каменных прямоугольных лавок, фланкирующие западную сторону площади. Надо полагать, что их было больше, но они к моменту снятия плана в начале XIX в. были снесены. Этому свидетельствуют материалы Дубовской ратуши за 1797 г., где говорится, что полковник Григорий Васильевич Персидский подал прошение о сносе на площади близ пристани лавок, принадлежащих людям, вновь поступившим в купечество. Прошение было удовлетворено. По решению Астраханского гражданского губернатора Н. Я. Аршеневского лавки были снесены. В документах Дубовской ратуши от 9 октября 1797 г. имеется дело о представлении докладной о строительстве вблизи церкви присутственных мест (ГАВО. Ф. 235. Оп. 2. Д. 31, 50, 79).

И церковь, и дом Персидского нанесены на дорегулярные планы Дубовки. Собор и дом отстояли друг от друга в 30...40 саженях, от Волги дом от-

стоял приблизительно саженьях в 100...120. Место дома Персидского соответствует сообщению А. А. Зимнюкова, сделанное им при описании Дубовки в 1898 г.: «...не вдалеке от реки Волги, на Персидском взвозе, и теперь еще находится большой каменный дом, выстроенный атаманом Персидским из дикого камня» [1].

На протяжении всего времени существования посада весьма распространенным занятием его жителей было садоводство. Это характерно для городов России XVIII — начала XIX вв. Сады занимали немалую часть территории городов. На всех рассматриваемых планах Дубовки нанесены сады, они были разбиты на обширной территории в северо-восточной части посада, на берегу Волги, почти половину самого большого квартала за левобережной частью р. Дубовки.

Из сведений Дубовской ратуши известно число жителей Дубовки в конце XVIII в.: «с 1796 по нынешний 1797 год состоят семьсот три души, кое число душ сравнивается уже с числом царицынского купечества, посадских и цеховых» (ГАВО. Ф. 235. Оп. 2. Д. 47. Л. 4-6). К началу XIX в. обе части города различались не только по размерам освоенных площадей, но и по степени заселенности. На всех фиксационных планах видно, что самые важные постройки: церковь, торговые лавки, каменные обывательские дома находились на территории площади и прилегающих к ней кварталов на левобережье р. Дубовки.

Рассмотренные фиксационные дорегулярные планы Дубовки, показанные на ранних регулярных планах, свидетельствуют о том, что к началу XIX в. посад располагал лишь незначительными признаками регулярности (линейная планировка с прямыми и параллельными улицами, несколько прямоугольных кварталов). При разработке регулярных планов планировочная структура посада коренным образом изменилась.

Губернские и уездные города в центральной европейской части России, в результате губернской реформы 1780 г., получили в XVIII в. регулярные планы, а Саратовская губерния перешла к регулярной планировке и рациональному освоению территории только в начале XIX в. Дубовка в 1803 г. «переводилась» в разряд города, а потому требовалась ее существенная перепланировка, которая проводилась одновременно с другими городами губернии. В 1781 г., в соответствии с «Учреждениями для управления губерний Всероссийской империи» от 7 ноября 1775 г., в Саратовской губернии появились должности Саратовского губернского и уездных землемеров и образована губернская чертежная (ГАСО Ф. 654, Оп. 3. Ед. хр. 7301). В Саратовской губернии с 1803 по 1808 гг. разрабатывалась и корректировалась первая серия проектных планов на регулярной основе. Опыт серийного проектирования стал основой для составления регулярных планов в первой четверти XIX в., на которой велась работа на протяжении всей первой половины XIX в. На первой стадии проектирования создавался фиксационный план города, затем составлялся проект планировки. Главным образом они составлялись губернскими землемерами, которых активно поддерживали губернаторы. Однако все проекты обязательно рассматривались в Комиссии о строении и в них вносились поправки. Все они были фиксационными, хотя в какой-то степени служили и руководством к дальнейшему развитию города.

В 1807 г. самым известным «в чертежном деле» губернским землемером М. Решетниковым при содействии губернатора П. Беякова был подготовлен альбом проектных планов городов губернии.

Следующие серии проектов 1810-х гг. М. Решетников разработал при губернаторе А. Д. Панчулидзе, одном из самых известных губернаторов Саратовской губернии. К этому времени местными разработчиками проектов был накоплен опыт и мастерство. При А. Д. Панчулидзе М. Решетников делает планы для Саратова (1810), Камышина (1809), Царицына (1818).

Накануне конфирмации плана Дубовки (к 1820 г.) в 1810-х гг. для нее была сделана промежуточная серия регулярных планов, о которых уже упоминали в связи с проведением анализа дорегулярной планировки. Обратимся к характеристике этих планов, при проектировании которых последовательно применялся принцип регулярности.

Нам известна копия первого проекта с регулярной планировкой Дубовки, подписанного землемером М. Решетниковым из фондов РВИА, копию которого сделал саратовский губернский землемер Строгонов (РГВИА. ВУФ. Д. 21579. Нач XIX в.). План без даты (рис. 1), однако его можно датировать не ранее 1808 г. Основанием для этого является подпись губернатора А. Д. Панчулидзе, который занимал эту должность с 24.03.1808 г. по 15.11.1826 г. В 1820 г. был конфирмован план для Дубовки. Следовательно, план Решетникова появился между 1808 и 1819 гг. План Решетникова указывает на то, что на старый план рубежа XVIII — XIX вв. накладывается жесткая геометрическая планировочная сеть. Территория в левобережной части р. Дубовки (большая часть посада) разбита на кварталы почти квадратной формы: четыре параллельно Волге и шесть перпендикулярно ей.

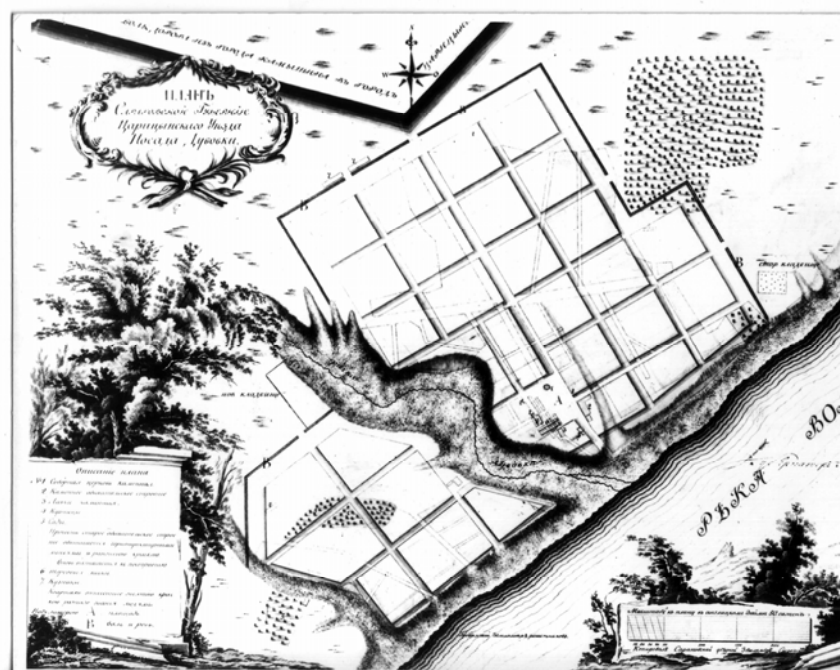


Рис. 1. План Дубовки. Нач. XIX в. РВИА. Публикуется впервые

Улицы идут вдоль Волги и перпендикулярно к ней, причем таким образом, что главная самая широкая, спускающаяся с северо-запада на юго-восток от въезда в город со стороны развилки почтовых трактов из Царицына и Камышина к Волге, делит его на две равные части. В свою очередь, улица, идущая к р. Дубовке, делит посад на две равные части по горизонтали в направлении с юго-запада на юго-восток. От нее к Волге добавлены три квартала и по одному вдоль северо-восточной границы. Прямоугольная форма плана в левобережье получила сбивку в северо-западной и юго-восточной части города. В северо-западной части — по причине оврага. Эта природная преграда являлась своеобразным рубежом, который не давал развиваться городу в этом направлении. В северо-восточной части к городской границе были добавлены три квартала перпендикулярно Волге. Дальше застройка территории по направлению к тракту на Царицын не предусмотрена. Причина этому, скорее всего, желание сохранить ранее посаженный здесь большой фруктовый сад, который остался за чертой города. В результате чего левобережная часть города получила в плане Г-образную форму.

В этой же части города запроектировано еще два въезда: один — с кузницами северо-западнее от развилки почтовых трактов, другой — на юго-востоке, при выезде на старое кладбище. С ростом населения, помимо функционирующего кладбища, было запроектировано новое кладбище за городом за р. Дубовкой на северо-западе.

Изменилась и планировочная структура бывшей крепости. Здесь образовались крупные семь приближенных к прямоугольной форме кварталов. Только в местах природного рубежа наблюдается нарезка кварталов в виде трапеций различных размеров.

В композицию новой планировки, помимо запроектированных торговых лавок, включились градостроительные элементы XVIII в., такие как соборная площадь с застройками (каменные обывательские дома, каменные лавки), почтовые тракты, планировочная ось (широкая ул. Московская). То есть, на левом берегу реки Дубовки сохраняется центральная часть города с площадью, совмещающей как культовую, так и торговую функции.

На плане (рис. 2), о котором пойдет речь дальше, не указана дата. Затруднительно прочесть подпись землемера. Анализ подписи дает возможность предположить, что план выполнил Лямин, который служил в межевом корпусе Саратовского губернского правления в то же время, что и Решетников, поэтому мог быть составлен Ляминам (?) в 1810-е гг. (РГВИА. ВУФ. Д. 21580).

При сравнении планов Решетникова и Лямина видно, что землемер свой план разрабатывал на основе плана Решетникова и внес целый ряд изменений. Планировочная структура города по новому плану отличалась от предыдущей. Весь город оказался разбитым на 34 квартала (прямоугольных — 21 и квадратных — 13). Самые крупные кварталы на левом берегу Дубовки и более мелкие на ее правом. Длинной стороной 12 прямоугольных кварталов обращены к Волге, а 9 — короткой стороной. По сравнению с проектом Решетникова расширилась общая территория города за его пределами за счет прироста шести кварталов за оврагом на правом берегу р. Дубовки в северо-западном направлении. Здесь за валом отведено место для нового кладбища, так как по данному плану старое кладбище уничтожалось, через него на юго-востоке прошел вал. В северо-восточной части, где Решетников оставлял

землю свободную от застройки, Лямин разбил три квадратных квартала. В результате чего самые большие садовые посадки города почти на половину оказались заняты селитьбой. С прежней конфигурацией остается Соборная площадь. Сохранил свое место Успенский собор. Однако теперь он оказался в перспективе основной улицы Московской, которая раньше шла от развилки въезда в город трактов на Царицын и Камышин и являлась стороной площади, а теперь сдвинута на север-запад и выходит непосредственно на площадь.

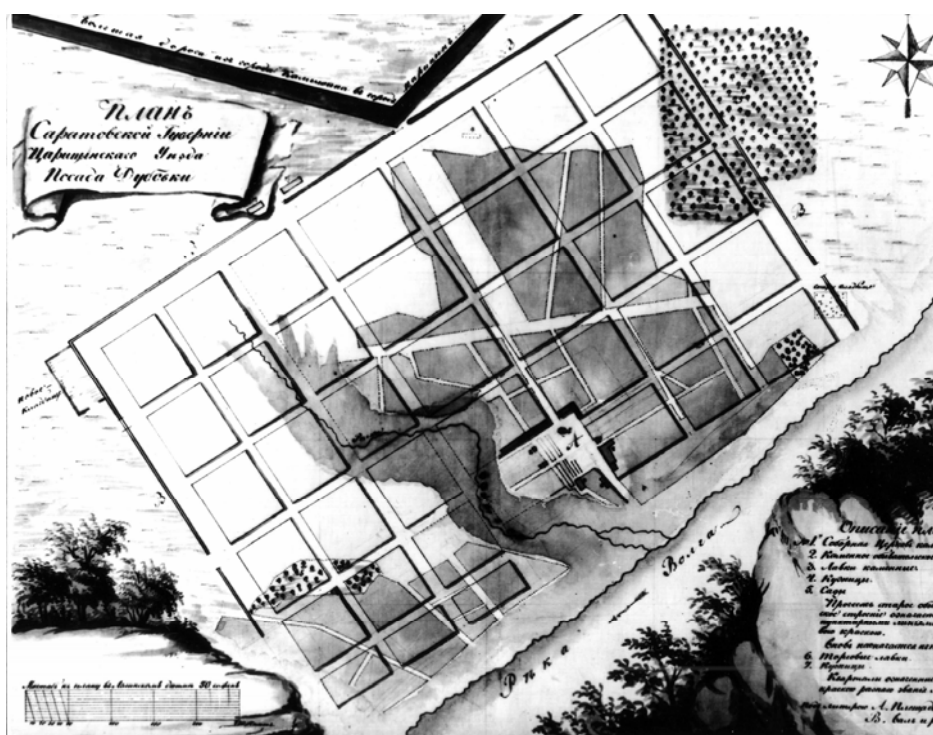


Рис. 2. План Дубовки. б/д. РГВИА. Публикуется впервые

Не коснулась больших преобразований планировка меньшей части посада на правом берегу р. Дубовки. Она осталась почти в прежних границах, лишь западная граница получила поворот на юг к Волге под прямым углом, в результате чего трапециевидный квартал, прилегающей к валу, приобрел прямоугольную форму, как и все остальные.

План Лямина пример того, как система «регулярности», канонизировалась, что приводило к пренебрежению особенностей местного природного ландшафта. Подобные регулярные планы разрабатывались для многих российских городов.

Другой вариант (рис. 3) представляет регулярный проект, сочиненный землемером Руковишниковым (РГВИА. ВУФ. Д. 21580).

План Руковишникова выполнен позднее плана Лямина, так как на нем показаны вновь предлагаемые объекты. Из анализа этого плана посада следует, он вообрал в себя частично элементы планировочной структуры двух предыдущих планов. Ранее квадратной формы кварталы изменились на прямоугольные, которые формировались, вытянутыми вдоль Волги. Изначально



было определено, что улицы должны быть прямыми. Самая обширная и значительная часть города на левом берегу р. Дубовки увеличилась на четыре квартала партикулярных строений по направлению к царицынскому тракту, где по плану Решетникова территория оставалась свободной от застройки. Комиссией строений в центре города разрешалось строить только «партикулярные каменные дома». На плане показаны земельные участки, отведенные под сады. Город практически оставался в границах, которые были определены к началу XIX в.

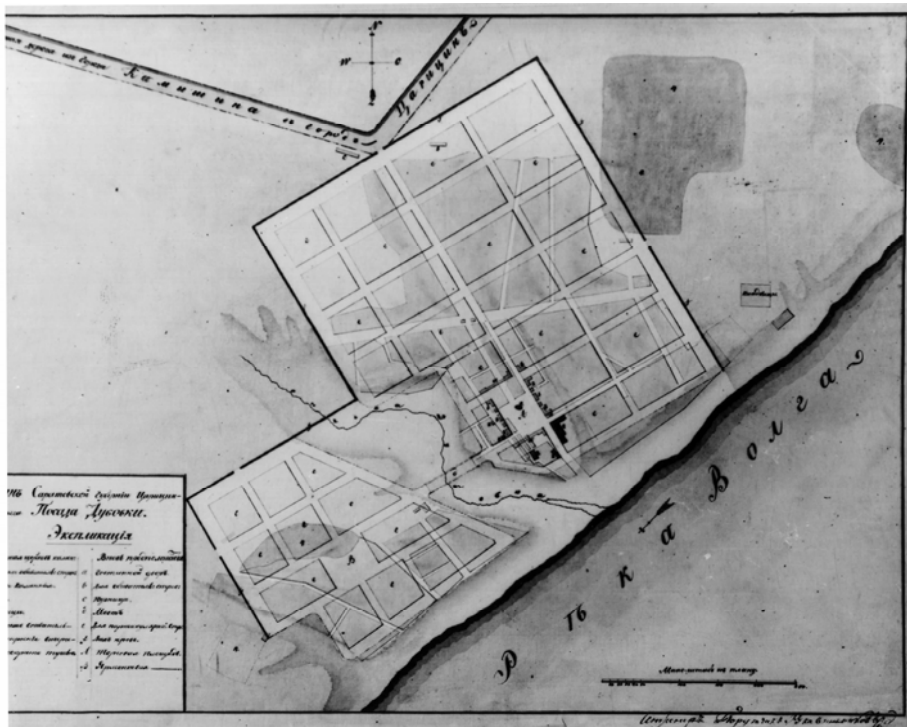


Рис. 3. План Дубовки. б/д. РГВИА. Публикуется впервые

Происходит уплотнение застройки центрального ядра. Строительство сосредоточено в кварталах, прилегающих к Соборной площади. Предполагается возведение обывательских построек, гостиного двора, поставленных по красной линии. На Соборной площади, как и прежде, оставался только один собор.

В большей степени изменения коснулись части посада за р. Дубовкой. На плане кварталы, назначенные под обывательские строения, уменьшились в размере по сравнению с кварталами на предыдущем, рассматриваемом нами плане, за счет чего их число увеличилось с семи до одиннадцати. При сравнении планов Решетникова и Руковишникова можно отметить важный отличительный момент, а именно: сетка кварталов на плане Решетникова вплотную подходит к оврагу, в то время как на плане Руковишникова она сдвинута на некоторое расстояние от него и отделена широкой новой улицей, идущей с севера-запада на юго-восток под углом к Волге. Остальные новые улицы не изменяли основного направления старой трассировки. План Руко-

вишников, по сравнению с планом Лямина, реальный. Проектировщик оставляет полностью сад за городом, учитывая то, что значительная часть населения посада имела доход от садоводства. Вспомогательные объекты (кладбище, кузницы) вынесены из города. Кладбище — за чертой поселения на юго-востоке, кузницы при въезде в посад со стороны развилки дорог от Царицына и Камышина.

Торговая функция вносит коррективы в бывшую планировку крепости. Появилась первая в Дубовке самостоятельная ярмарочная прямоугольная площадь. Она запроектирована близко к Волге. От берега ее отделяет лишь одна улица. По размеру она несколько больше Соборной площади. Площади находятся по разные стороны. Дубовки и связываются между собой планировочной осью вдоль Волги через запроектированный мост.

Таким образом, к появлению для Дубовки первого подтвержденного плана 1820 г., при различных планировочных решениях, в рассмотренных выше планах, основным градообразующим центром оставалось главное ядро — соборная площадь с плотной застройкой. Она закрепила собой характерный участок ландшафта (площадь расположена внутри своеобразной петли, образованной двумя оврагами), в течение всего дальнейшего времени будет определять собой градостроительную структуру Дубовки. В дополнение к старому ядру возникнут новые функциональные узлы, другие комплексы.

К 1820 г. значительно возросла торговая функция Дубовки. Это изменение в жизни города требовало преобразований, поэтому в 1820 г. был разработан подтвержденный план.

В каком состоянии находился город накануне подтвержденного плана 1820 г. указывает архивный материал из РГАДА «Геометрический уменьшенный план Саратовской губернии Царицынского уезда посада Дубовского с выгонными землями, общего владения купцов, мещан и разных членов и людей межевания в 1782 сентября 3 дня, первоклассным землемером секунд-майором Золотухиным по решению Сената межевого Департамента ...» (РГАДА. Ф.1356. Оп. 1. Ед. хр. 5119, 5113. 1782-1818 гг.) (рис. 4). План межевания 10 июля 1818 г. утвержден Государственным Советом. Его подписали: исправляющий должность губернского землемера старший землемер Муравьев, свидетельствовал Царевский уездный землемер Горохов, Царицынский уездный землемер Васильев, первоклассный землемер секунд-майором Золотухин, старший землемер титулярный советник Морщиков. Этот план интересен тем, что на правой части чертежа в экспликации указаны размеры угодий города: под посадом 322 десятины (351 га), под садами 19 десятин (20,71 га), под церквями 3 десятины (3,27 га).

На плане межевания запечатлен красным цветом рисованный план Дубовки. Несмотря на небрежно исполненный рисунок плана города, отсутствие обозначения церкви и других построек на Соборной площади, условных обозначений, он является важным источником, так как фиксирует развитие города 1818 г. Надо полагать, что, по всей вероятности, это был черновой вариант, который и представлен на подтверждение. На его основе был разработан перспективный план застройки территории, отведенной городу. Проект был утвержден 18 июня 1820 г. императором Александром I (рис. 5). Подтвержденный план опубликован в специальном приложении к первому Полному собранию законов Российской империи (Книга чертежей и рисунков) (Полное

Собрание законов Российской империи. Собрание первое. 3. Книга чертежей и рисунков. (Планы городов). 1839; РГВИА. Ф. ВУА, Д. 21528. Т. III. Л. 56). Вполне возможно, что на основе фиксационных чертежей 1808—1818 гг. окончательный подтвержденный проект Дубовки выполнил архитектор В. И. Гесте, который возглавлял работу «по рассмотрению и переделыванию городских планов по всему государству». Им спроектированы планы для городов Саратовской губернии, в том числе Саратова, Камышина и др.



Рис. 4. План Дубовки. 1818 г. РГАДА. Выкопировка из карты межевания 1782-1818 гг. Публикуется впервые

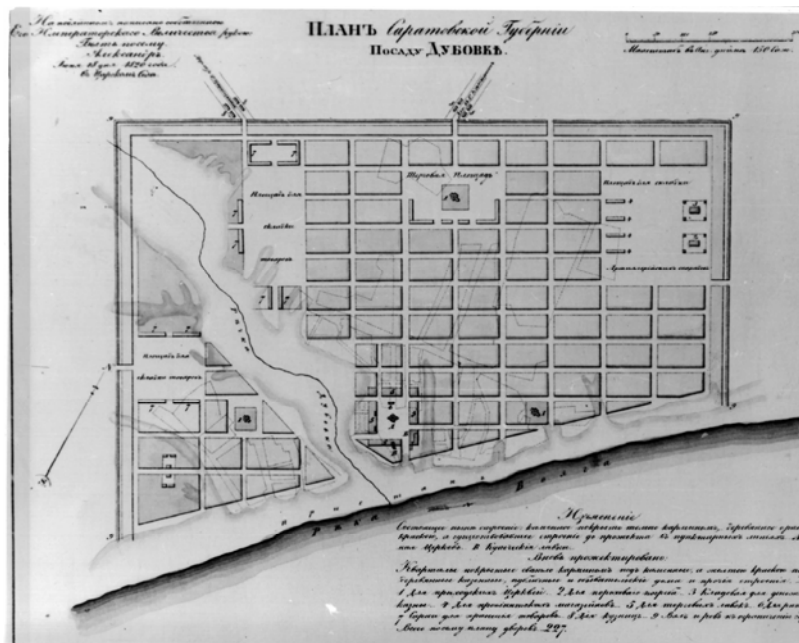


Рис. 5. План Дубовки. 1820 г. РГВИА

Утвержденный в 1820 г. план был обязательным для исполнения. В его основу легла заложенная линейно-прямоугольная система по квартальной разбивки территории, с учетом проекта 1818 г. По сравнению с самыми ранними планами подтвержденный план иллюстрирует процесс роста города в сторону увеличения на 42 квартала, т. е. в два раза. На плане 1820 г. намечено 82 квартала. Из них 29 прямоугольные в плане, а 13, идущие вдоль Волги из-за рельефа береговой линии, треугольные и трапециевидные. Все кварталы обращены к Волге длинной стороной. С развитием транспортно-торговой функции главная планировочная ось (ул. Московская, ее название впервые будет нанесено только в 1826 г., на копии утвержденного плана 1820 г. появится и наименование оврага в правобережной части города — Самохваловский), обозначенная на ранних планах, сместилась через один квартал на северо-восток и прошла от въезда Камышинского тракта через запланированную Базарную площадь к пристаням у Волги. При этом улица Московская остается главной, соединяющая между собой два важных центра города — торговый и административный.

На плане четко выделены в квартальной жилой застройке площади и определено их назначение: для приходских церквей, торговли, складских товаров.

Главной остается небольшая Соборная площадь, ансамбль которой сложился задолго до получения городом подтвержденного регулярного плана. На площади первоначально была построена деревянная церковь, перестроенная в каменную в 1761 г. Теперь площадь приобрела вместо трапециевидной формы прямоугольную и стала именоваться Соборной Успенской. Собор оказался в центре площади и сдвинутый с оси главной магистрали (улицы Московской). Однако при этом оставался градостроительной доминантой города. На северной стороне площади по оси собора запланирована постройка ратуши как важного элемента в формировании архитектурного облика площади. В этот период площадь не только не утратила, но значительно развила свои функции и стала административной зоной.

Таким образом, расширялись функции площади. К культовой и торговой функциям добавилась административная.

Предлагается строительство еще трех приходских церквей: Вознесенской на Базарной площади, кладбищенской на левобережной территории города и Троицкой на ярмарочной площади в правобережной части. Все церкви, кроме Вознесенской, располагались вдоль берега Волги, в результате чего композиция панорамы города со стороны реки усиливалась использованием рельефа возвышенного берега и стала особенно живописной.

Строительство вновь запроектированных церквей будет осуществлено только во второй половине XIX в. Они стали важными доминантами, благодаря чему система высотных ориентиров города значительно развилась, но она включала исключительно только культовые здания.

Из шести предполагаемых по подтвержденному плану площадей четыре примыкали с трех сторон к валу с тремя выездами за город. Так, Базарная площадь примыкала к валу с севера. Она размещалась в отрыве от Соборной, но связана с ней осью (улица Московская), идущая от почтового тракта в Царицын по направлению к пристани Волги. Вдоль южной стороны она застраивалась лавками. В ее центре запроектирована Вознесенская церковь, отстроенная в 1876 г.

Артиллерийская площадь самая большая в городе примыкала с северо-востока непосредственно к городскому валу и являлась въездной с этой стороны города. С остальных трех сторон площадь ограничена жилыми кварталами. Она имеет форму прямоугольника, через нее проходит с северо-востока на юго-восток улица Калмыцкая (сейчас ул. Пушкина). Застройка площади формируется со стороны вала пороховыми погребями и погребями для денежной казны, а с противоположной стороны строениями для провиантских магазинов.

Развитая торговля определила необходимость большого количества в городе складов. Появился новый элемент планировочной структуры города — складские зоны, занимаемые обширные территории. На планах этих площадей выделяются хозяйственные постройки: винные склады, магазины, склады, лавки. Так как город имел доступ только к гужевому и речному транспорту, то торговые площади располагались близко к выезду на дороге в Камышин, Царицын и к волжским пристаням, которые столетие являлись главным функциональным узлом по транспортировке транзитных грузов всего Волжского бассейна.

Для складских товаров по плану 1820 г. были запроектированы площади в обеих частях города.

Одна располагалась на северо-западе левого берега р. Дубовки при выезде из города на Царицынский почтовый тракт. Важная особенность этой площади в том, что она получила форму сильно вытянутого прямоугольника по направлению к Волге, и кроме того, превышала в два раза Базарную и в пять раз главную городскую Соборную площади. С одной стороны длина складской для товаров площади ограничена пятью кварталами, а с другой — большим садом, который показан вдоль берега реки Дубовки. Короткой стороной площадь примыкает непосредственно к валу и выезду за город. Здесь же целый квартал предписывалось по периметру застроить сараями для хранения товаров. Ее противоположную сторону замыкают два небольших прямоугольных квартала, с будущими садами, между которыми поставлены протяженные два сарая, между которыми образовался выход с площади к реке Дубовке.

Вторая с квадратным планом складская площадь спроектирована на правобережной части р. Дубовки. Она расположена между валом и двумя кварталами на берегу р. Дубовки на северо-западной стороне, оврагом и двумя кварталами на юго-востоке. Вдоль границы оврага (на его месте должен был разбит сад) и на границе двух кварталов на юго-востоке намечены по два сарая для хранения товаров. На горизонтальной оси площади находится въезд со стороны выгона.

Следует отметить общую характерную особенность для складских площадей — двумя их границами должны были быть сады. Связано это с тем, что распространенным занятием населения являлось садоводство. Под сады отводилось 19 десятин. Большая часть крупных садовых массивов разбивались по оврагам, вдоль Волги на правобережной территории города; вокруг церкви на Базарной площади, утопало в зелени и кладбище с церковью. Своего рода это была компенсация за застройку самого большого сада, который был нанесен на дорегулярные планы в северо-восточной левобережной части города. По плану 1820 г. на его земле оказалась запроектирована площадь для артиллерийских пороховых погребов.

Кузницы, «кои работы производят через огонь», устроены при дорогах и вынесены за город по соображениям противопожарной безопасности.

Кладбище на плане не отмечено, видимо оно оставалось на прежнем месте у берега Волги, только на нем должна была быть построена церковь.

На отведенных под посад 322 десятин (350 га) земли предполагалось «всего по сему плану дворов 227».

Какие изменения произошли в планировке и застройке города указывают составленные в период между подтвержденным планом 1820 г. и снятых с него трех копий в 1826 г. разными землемерами, выполненные в цвете. Общим для этих планов является то, что под поселением посада остается 322 версты, как это указано в экспликации на межевом плане 1818 г. Это говорит о том, что на протяжении шести лет посад оставался в одних и тех же границах.

Одна из копий с подтвержденного плана 1820 г. выполнена в 1826 г. царьцынским уездным землемером Васильевым, а свидетельствовал царевский уездный землемер Горохов, их подписи сделаны в левом нижнем углу листа. Вверху в центре листа есть еще подпись исполняющего должность губернского старшего землемера Муравьева (РГАДА. Ф. 1356. Оп. 1. Ед. хр. 5114. 1826 г.). Кстати, землемеры Васильев и Горохов подписали также план межевания 1818 г. Подробно об этом было сказано выше.

На этой копии на листе слева дана подробная экспликация. В нее поименованы все появившиеся присутственные места: ратуша, дума, полиция; заведения: почтовая контора, приходское училище, временная больница размещались в помещениях по найму в каменных частных домах. Дома эти на плане не отмечены, но написано, что обывательских каменных домов построено 33. Так как каменная застройка в городе преимущественно велась на главной Московской улице, то именно на ней могли располагаться все перечисленные службы города. Каменным был винный подвал рядом с Торговой (Базарной площади) на углу улиц Немецкой (сейчас ул. 30-летие Победы) и Садовой (сейчас Санджирова).

Деревянной была тюрьма. Она находилась на углу улиц Училищная (совр. Пионерская) и Садовая (совр. Санджирова) напротив лавок Торговой площади. В деревянных общественных постройках находились питейные дома. Деревянных обывательских домов было 600.

Однако из данных в экспликации мы видим, что за шесть лет в городе оказались не осуществленными запроектированные планом 1820 г. приходские церкви. Остается, как и прежде, один каменный Успенский собор с такой же оградой, в коей каменная часовня Святителя Николая, ратуша, погреб для пороха, денежная казна, провиантские амбары, торговые лавки, деревянные сараи для хранения товаров, кузницы.

Таким образом, по плану 1820 г. велось главным образом строительство обывательских домов. За шесть лет появилось 633 жилых дома (33 каменных и 600 деревянных). Из 84 кварталов застроено 47, обозначенных желтым цветом; 26 незастроенных, обозначенных фиолетовым цветом; 2, застроенных частично. Зеленым обозначено 9 кварталов и два больших участка с садами и огородами по обоим берегам реки Дубовки.

В РГАДА имеется еще одна копия с подтвержденного плана 1820 г., но без даты исполнения (РГАДА. Ф. 1356. Оп. 1. Ед. хр. 5116). Датировать эту копию можно 1826 г. Основанием для этого служат подписи межевого корпу-



са помощника Серебрякова и чертежника Антонова (рис. 6). Как известно из формулярных и послужных списков служащих чертежной и уездных землемеров, личных дел служащих, которые находятся на хранении в ГАСО, что эти землемеры в 1826 г. служили в межевом корпусе в Саратове.



Рис. 6. План Дубовки. 1826 г. Копия с плана 1820 г. РГАДА. Публикуется впервые

Рассматриваемая копия плана выполнена в более мелком масштабе, чем предыдущая, подписанная Васильевым, Гороховым и Муравьевым в 1826 г. В ней отражено то же состояние планировки города, что и на копии упомянутой выше. Есть несущественное отличие. Это иная нумерация в экспликации, нет надписи улицы Московской, она на плане обозначена цифрой.

Представляет собой интерес недатированная третья копия с подтвержденного плана 1820 г., обнаруженная в РГАДА (РГАДА. Ф.1356. Оп. 1. Ед. Хр. 5117. б/д.), подписанная учеником Шаповым (рис. 7). Чертеж выполнен от руки, очень неаккуратно, без экспликации, отсутствуют надписи на плане, которые имеются на подлиннике. Обращает на себя внимание то, что 6 кварталов, расположенных между площадью Торговой (Базарной) и площадью для складов артиллерийских снарядов, заняты садами, из которых пять кварталов полностью засажены фруктовыми деревьями, а один — частично. Неполностью садами заняты два квартала у берега Волги, примкнувшие к валу на юго-востоке основной территории города. В правобережной части города под садами 4 квартала (3 засажены садами, а один частично).

На предыдущих анализируемых копиях эти кварталы обозначены, как застроенные полностью, частично или незастроенные. Следует полагать, что к 1826 г. незастроенные кварталы по плану 1820 г. были размещены на территории большого сада, который нанесен на все планы до составления подтвержденного. Разбиты сады по речке Дубовке, по берегу Волги. Это, подтверждает копия Шапова, на ней кварталы, которые остаются в течение шести лет незастроенными, покрыты зеленым цветом, которым обозначали, как

правило, зеленые насаждения. Данная информация очень важная, так как на более поздних планах, речь о которых пойдет ниже, в центре Дубовки у Базарной площади сохраняются сады, да и сегодня это городской парк.



Рис. 7. План Дубовки. б/д. РГАДА. Публикуется впервые

Следующие, доступные для изучения планы Дубовки относятся ко второй половине XIX в.: 1869 г., 1898 г. Судить о том, каким был город в 30—60-е гг. XIX в. можно по акварели неизвестного художника, описанию исследователей и путешественников, бывавших в Дубовке в 1840—1860-е гг.

А. В. Терещенко, который посетил Дубовку в 1848 г. в период раскопок Бельджамена, в своем сочинении «Царицын и Дубовский посад», опубликованном в Санкт-Петербурге в 1848 г., писал: «С луговой стороны Волги красуется местность посад. Тут раскиданы по кособогу домики с садами, а за ними растянулись здания, правильные, чистые и красивые. С высоты кособога, занимающего бельведер, прекрасный вид на Волгу, по которой несутся, словно на белых крыльях лебеди, сотни судов... Внутренность посада расположена на ровном месте, которое разбито по плану правильными, с широкими и чистыми улицами» (*имеется в виду план 1820 г. Курсив С.В.*). А. В. Терещенко указывает число жителей Дубовки около 8000, всех домов 757, из которых каменных 52, деревянных 605, что в посаде только две церкви: каменный Успенский собор и деревянная Троицкая. В 1848 г. город имел две гостиницы, один трактир, шесть винных погребов, четыре питейных погреба, одну ведерную и 56 лавок. Названы «промышленные заведения»: 12 кожевенных, 5 кирпичных, 2 свечных, 2 солотопни, до 70 садов [17]. Из приведенных А. М. Терещенко сведений о положении Дубовки известно, что в посаде только две церкви: каменный Успенский собор и деревянная Троицкая. Из этого следует, что за 22 года из запроектированных по плану 1820 г. трех приходских церквей в Дубовке была построена одна и та же деревянная. Число домов в 1848 г., по сравнению с 1826 г., увеличилось на 124, из них каменных на 19, деревянных на 157.



Настоящий расцвет Дубовки начинается в 1850—1860-е годы. В Поволжье стремительно развиваются города. Для Дубовки этот период можно назвать торговым. Торговля начинает играть главную роль в уезде, посад становится важным транзитно-перевалочным пунктом. Этому способствовало строительство конно-железной перевалочной дороги между Волгой и Доном. В Дубовке она была в 1846 г. до станицы Качалинской.

Дорога просуществовала сравнительно недолго, так как оказалась неудобной в эксплуатации. Рельсовый путь не был доведен до Дубовской пристани. С 1855 г. она перестала существовать, но перевозка товаров, как и раньше, производилась на воловых фурах. На торговле Дубовки это практически не сказалось, она оставалась товарообменным «торжищем» так как продолжала сохраняться важнейшая водная коммуникация — Волга. Торговая деятельность Дубовки имела значение не только для уезда. Н. И. Костомаров напишет: «Дубовка в настоящее время есть одно из замечательнейших торговых мест в России. Нигде нет такого важного волока как между Дубовкой и Качалиным в пункте ближайшего сближения Волги с Доном. С одной стороны Волга со своим водяным путем открывает югу сообщение с северо-восточным путем России, Балтийским морем и посредством Камы с Сибирью, с другой — Дон пролагает этим дорогу к Азовскому и Черному морям. Дубовка стоит в самом счастливом месте» [3].

В связи с расширением торговли в городе увеличивается население. Если в 1848 г. в Дубовке проживало 8000 человек, то к 1851 г. оно составляло 9269, что потребовало корректировки плана (РГИА. Ф. 218. Оп. 4. Д. 442 (240). Л. 4.). В 1847 г. на основе плана 1820 г. Губернскому правлению предписывают проектировать новый квартал для постройки частных домов. Работа была поручена землемеру Петровского уезда Гусеву, о выполнении которой он рапортовал 20 сентября 1847 г. (ГАСО. Ф. 654. Оп. 1. Д. 1221.Л. 3,5, 6). Так как город оставался в прежних границах, то предлагалось ограничить площадь для артиллерийских снарядов на один квартал по ширине и на четыре по длине. Предположено построить на ней артиллерийские сараи и дома для караульных. В феврале 1849 г. в Дубовку командируют уездного землемера Максимова для снятия плана площади, который уже 18 мая рапортовал о готовых чертежах. По составленному им плану застройка домами увеличилась на пять кварталов (ГАСО. Ф. 654. Оп. 1. Д. 1221.Л. 3,5, 6). По подтвержденному плану 1820 г. в 1849 г. начинается строительство каменной кладбищенской Покровской церкви, строительство которой завершено только в 1853 г. Однако некоторые городские объекты требовали ремонта. Например, в 1853 г. в ремонте нуждался земляной задубовский взвоз при реке Дубовки. Этим занимался архитектор Забнин (ГАСО. Ф. 16. Оп. 1. Д. 138).

Прошедшие 10 лет (1849-1859 гг.) внесли значительные изменения в развитие Дубовки. Это обстоятельство во многом было обусловлено увеличением торговой функции города. Бурное развитие торговли происходило вплоть до 1862 г. Дубовка притягивала к себе проведением ежегодных ярмарок. Главной была Троицкая ярмарка, проходившая в феврале, мае, июне. Торговля так же проводилась с пристани, на Базарной площади. В Дубовке в 1862 г. работали предприятия: салотопенные, кожевенные, пивоваренные, маслособойные, лесопильные и др. В эти годы товарооборот здесь нередко достигал десяти миллионов. Увеличилось население. В городе в 1859 г. было дворов

1127, жителей 12 438 человек, 4 церкви, училище, больница, почтовая станция, ярмарка, базар, пристань, 1 фабрика, 25 заводов (Саратовская губерния. Список населенных мест по сведениям 1859 г. Спб., 1862. С.108.). Сложившаяся ситуация требовала разработки для Дубовки нового плана.

План был составлен в 1859 г. и учрежден императором Александром II (РГИА. Ф. 1293. Оп. 167. Ед. Хр. 65). Выполнен он губернским землемером, подпись которого трудночитаема (возможно Осовницкий), и подписан губернским архитектором В. Г. Петровым. На плане показаны существующие две церкви: Успенский собор на главной площади и на ярмарочной площади Троицкая церковь, перестроенная в каменную. Вновь предлагаются на выгонной земле в левобережной части реки Дубовки кварталы для заселения. За чертой города у дороги на Царицын и Камышин увеличилось количество кузнец, что в первую очередь было связано с возросшим ростом перевозок грузов товаров фурами из-за закрытия железно-конной дороги между Волгой и Доном.

К 1860 г. население Дубовки выросло почти до 13 тысяч человек. Посад продолжал развиваться, хотя постепенно этот темп снижался. Значение Дубовки как крупного торгового города стало падать. Происходило это из-за постройки из Царицына Волго-Донской, а затем Грязе-Царицынской железной дороги. При этом Дубовка сохраняет свою прежнюю планировочную структуру.

В посаде в 1862 г. население составляло 13 000, было 237 больших и малых лавок, 5 магазинов, 20 амбаров, 4 гостиницы, 1 харчевня и 1 постоялый двор. Н. Богомолов, путешествуя по Волге от Твери до Астрахани в 1862 г. писал о Дубовке: «Наружный вид Дубовки очень хорош; не говоря уже о ее красивой местности, ее много украшают прекрасные постройки, из которых много каменных. Церквей каменных — 3, домов каменных — 174, деревянных — 874, лавок каменных — 29...» [2].

Между тем жители Дубовки в феврале 1867 г. обращаются в Министерство внутренних дел с прошением, в котором ходатайствуют об урегулировании посадских улиц согласно конфирмованному плану. В прошении жители Дубовки Миллер, Марчуков и другие жалуются на то, что на месте улиц, на «которых изначально по конфирмованному плану улиц существуют в настоящее время сады, принадлежащие частным лицам, а посадским обывателям независимо от неудобства с сообщением с торговой площадью приходится покупать себе землю для постройки на выгонной земле посада по очень высокой цене». На что в Саратовское губернское правление был отправлен ответ. В нем подробно объяснялось, почему эта просьба не может быть удовлетворена. Однако, так как в посаде «недостаточно свободных для застройки мест, так что жители вопреки закона должны селиться на выгоне», МВД просит Саратовское губернское правление «сделать зависящее распоряжение о состоянии нового проектного плана по возможности к натуральному расположению построек, и затем в дальнейшем ходе этого дела поступить установленным в законе порядке» (ГАСО. Ф. 656. Оп. 1. Д.16. Л. 1 об., 2). Разработать новый план поручается саратовскому гражданскому инженеру, младшему архитектору К. Н. Лаврентьеву В марте 1867 г. его с пятью помощниками командируют в Дубовку снять на план посада «на распространение плана Дубовки для будущего заселения» (ГАСО. Ф. 656. . Оп. 1. Д. 16.

Л. 8.). К. Н. Лаврентьевым был пересмотрен подтвержденный план 1859 г., по которому велось строительство Дубовки. На его основании только в 1869 г. был составлен новый (ГАСО. Ф. 656. Оп. 1. Ед. Хр. 35) (рис. 8).

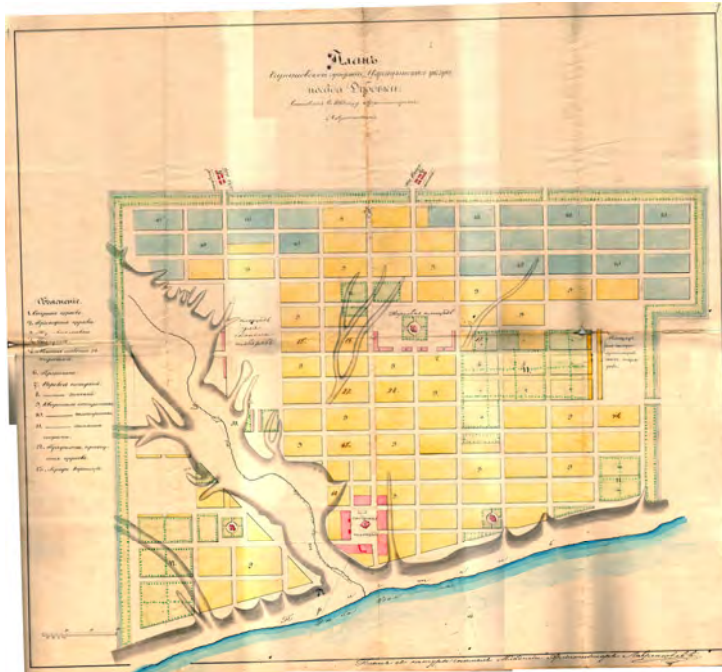


Рис. 8. План Дубовки. 1869 г. Архитектор К. Лаврентьев. ГАСО. Публикуется впервые

В своем рапорте в Саратовское губернское правление от 16 июля 1869 г. К. Н. Лаврентьев сообщает о готовности нового плана и дает полное описание составленного им плана. Автор статьи считает необходимым привести полностью хотя бы один фрагмент: «...часть пространства, прибавленного к посаду в 1859 г. для будущего заселения, при чем оказалось: 1) пространство земли внутри посада Дубовки означены на моем плане литерами a, b, c, d, e, f и g, на котором по Высочайше подтвержденному плану в 1859 г. должно быть семь кварталов, разделенных между собой улицами, и часть площади для складских сараев, означенных на плане под литерами g, s и t, в настоящее время составляют один сплошной контур, засаженный фруктовыми деревьями и еще в другом месте два квартала под литерами m и n, точно так же с пространством, предложенного между ними для улицы, заняты фруктовыми садами...» (ГАСО. Ф. 656. Оп. 1. Д. 16. Л 21). К. Н. Лаврентьев также отмечает, что добавленных по плану 1859 г. из 36 кварталов до 1869 г. остаются не заселенными 25,5, «поэтому в настоящее время нет надобности в расширении посада Дубовки».

План 1869 г. — первый пореформенный план Дубовки, на котором впервые пронумерованы кварталы. Из анализа этого плана видно, жалоба жителей осталась неудовлетворенной. Территория города остается в соответствии с его ростом, как и заложено планом 1859 г., по которому посад увеличился на выгонной земле, по сравнению с планом 1820 г., новыми 36 кварталами. Не

трогаются уже существующие сады, занявшие кварталы для заселения, предусмотренные планом 1820 г. Так как к 1869 г. новые кварталы оставались не застроенными, то жителям по плану К. Н. Ларионова предлагалось вести строительство на их территории. План сохранял основные структурные элементы города: главную площадь, торговые площади — Базарную и Ярмарочную, церкви.

В 1870 г., как сообщается в архивных документах, в городе не было построено ни одного каменного дома, 25 деревянных в три окна (ГАСО. Ф. 656. Оп.1. Ед. хр. 38). Каким был город во второй половине 70-х гг. XIX в. описал В. И. Немирович-Данченко: «Ночью прошли мы мимо Дубовки, которая на обратном пути, развернувшись перед нами со своими храмами и затейливыми домиками местных купцов-богачей. Еще недавно Дубовка гремела, но значение ее столь сильно подрывает Царицын... Теперь Дубовка заметно падает...» [18]. В 80—90-х гг. XIX в. по фабрично-заводскому делу Дубовка занимала, после Саратова, первое место в губернии. Появляется целый ряд фабрично-заводских заведений: маслобойные и горчичные заводы Миллера, Ваага, лесопильный завод Жемариных, кожевенный завод Крючкова, мукомольные мельницы Шестакова, Ваага, пивоваренный Казеева, мыловаренные, кирпичные и др. В основном их места определились на берегу Волги.

Город территориально разрастается. Планировочный каркас на главной улице Московской заполняется общественными зданиями, многочисленными домами разбогатевших предпринимателей, уплотняется застройка центрального ядра. Строительство переносилось на периферию, а именно в сторону оврагов на северо-востоке и во вторую часть города за речкой Дубовкой. Целые улицы занимали колесники, сапожники, портные. В 1897 г. в городе было 3740 домов, в том числе 730 каменных, 16 521 жителей. Изменения в планировочной структуре зафиксированы в последнем из исследуемых планов, составленном в 1898 г. План известен по копии, сделанной с земской карты и опубликованной А. Н. Минхом [1] (рис. 9).

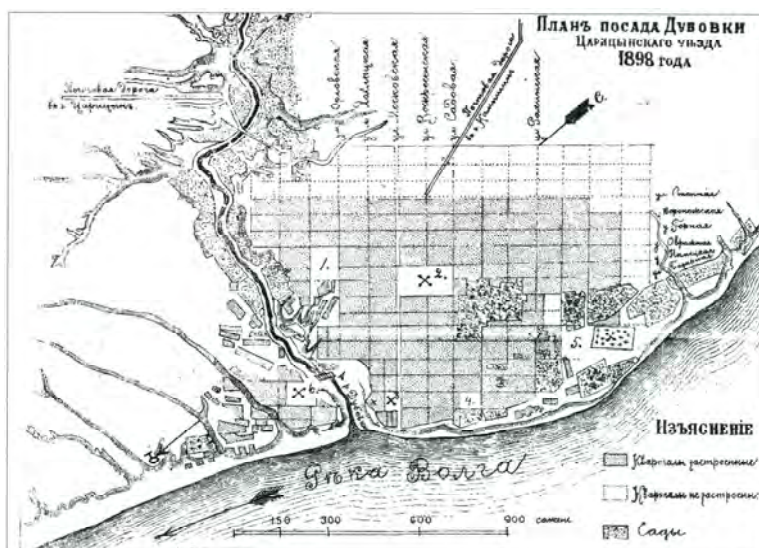


Рис. 9. План Дубовки. 1898 г.

По плану развитие города шло в его первой большой части на выгонной земле в двух направлениях: северо-западном и северо-восточном, где образовались новые жилые кварталы. Условные обозначения позволяют выяснить, что, по сравнению с планом 1869 г., дополнительно разбитые 44 квартала были не застроенными. При сравнении этих двух планов оказывается, что застроенными были практически все кварталы в границах Дубовки по плану 1869 г. Сохранился самый большой сад. Надо отметить одну особенность, что площадь, занимаемая этим садом, остается на одном и том же месте на протяжении 100 лет. Она отмечена на всех известных нам планах Дубовки.

Далее как видим на плане 1898 г., город развивался с некоторыми изменениями по сравнению с планом 1869 г. Так, площадь для складки артиллерийских снарядов, запроектированная подтвержденным планом 1820 г., на плане 1869 г. получила другую конфигурацию. На ней теперь разбили 4 прямоугольных квартала. Большая часть площади для складки товаров застроена беспорядочно. При всем этом план 1898 г. в левобережной части города носил регулярный характер, стержнем была главная Московская улица.

Территория второй правобережной части несколько увеличилась. Она вышла за границы плана 1869 г. — за овраги вдоль Волги и вверх по течению р. Дубовки. К тому же регулярность, заложенная предыдущими планами, была полностью нарушена хаотичной застройкой.

Кроме большого сада, в центре города рядом с Базарной площадью расширяется территория с фруктовыми деревьями во всех частях города: вдоль берегов речки Дубовки, Волги, оврагов, Водяной балке. В начале XX в. в Дубовке было 148 садов. Лучшими являлись сады протоиерея Минина, Якова Артамонова, Петра Карнеева, Михаила Татаркина, Кидалова.

Вал и ров, которыми предполагалось обнести город и высадить вдоль их деревья по плану 1869 г., в новом плане не предусмотрены.

Итак, в своем поступательном развитии город Дубовка почти за трехвековой период прошла эволюцию от укрепленного казачьего городка на Волге до крупного торгового центра в Саратовской губернии. При проведении градостроительных преобразований города можно выделить следующие этапы:

1. Конец XVI — XVII вв. Ранний казачий городок. Небольшое укрепленное поселение.

2. XVIII — начало XIX вв. Формирование города на основе нерегулярных планов.

3. 1820 — 1898 гг. Формирование города, на основе регулярных подтвержденных планов.

Первый подтвержденный план 1820 г. определил застройку Дубовки вплоть до XX в. На современном этапе центральная часть города сохранила регулярную историческую планировочную структуру и объекты архитектурного наследия.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минх А. Н. Историко-географический словарь Саратовской губернии: Южные уезды Царицынский и Камышинский. Современная версия. Волгоград, 2010. 568 с.
2. Боголюбов Н. П. Волга от Твери до Астрахани. СПб., 1862. 415 с.
3. Костомаров Н. И. Впечатления Камышина, Дубовки и Царицына. 1858 г. // Царицынский и Камышинский уезд в описаниях краеведов. 1727—1928 / под ред. М. М. Загорулько, И. О. Тюменцева. Волгоград, 2010. С. 82—88.

4. *Монастырский С.* Иллюстрированный спутник по Волге: в 3-х частях. Казань, 1884. 512 с.
5. Опыт исследования экономического положения станиц Астраханского Казачьего войска. Астрахань, 1897. 865 с.
6. *Сухоруков В. Д.* Статистическое описание Земли донских казаков, составленное в 1822—1832 гг. Новочеркасск, 1891. 302 с.
7. *Савельев Е.* Племенной и общественный состав казачества (исторические наброски) // Донские областные ведомости. № 171/08.08.1913 г. С. 2—3.
8. Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами генерального штаба. Земля Войска Донского / составил Н. Краснов. СПб., 1863.
9. *Королев В. И.* Роспись донских казачьих городков конца XVI века // Историко-археологические исследования в Азове и Нижнем Дону в 1991 году. Вып. 11. Азов, 1993.
10. *Рыблова М. А.* Традиционные поселения и жилища донских казаков. Волгоград, 2002.. 241 с.
11. *Эвлия Челеби.* Книга путешествия (Извлечения из сочинения турецкого путешественника XVII века). Перевод и комментарии. Вып. 2. М., 1979. С., 40, 179.
12. *Крюйс К.* Розыскания о Доне, Азовском море, Воронеже и Азове (с некоторыми сведениями о казаках), учиненное по повелению Петра Великого вице-адмиралом К. Крюйсом в 1699 году и поднесенное царевичу Алексею Петровичу // Отечественные записки. 1824. № 10. С. 49—50.
13. *Ригельман А. И.* История или повествование о донских казаках. М., 1845. С. 8. URL: [http://www.modernlib.ru/books/ai\\_rigelman/istoriya\\_ili\\_povestvovanie\\_o\\_donskih\\_kazakah](http://www.modernlib.ru/books/ai_rigelman/istoriya_ili_povestvovanie_o_donskih_kazakah). Режим доступа
14. *Мининков Н. А.* Донское казачество на заре своей истории. Ростов-на-Дону., 1992. 166 с.
15. *Паллас.* Путешествие по разным провинциям Российской империи. СПб.: Императорская академия наук. 1773—1788. Ч. 3. Половина 2. С. 207—209.
16. *Перешицкая С. Л.* О некоторых особенностях образования Дубовского посада в конце XVIII в. (по материалам посадской ратуши) // Научный ежегодник «Стрежень». Вып. 8. Волгоград: Издатель, 2010. С. 175—182.
17. *Луночкин А. В., Тюменцев И. О.* «Царицын и Дубовский посад» А. В. Терещенко — первое специальное научное исследование по истории края (адаптированный текст сочинения А.В. Терещенко) // Научный ежегодник «Стрежень». Вып. 5. Волгоград, 2006. С. 348—349.
18. *Немирович-Данченко В. И.* По Волге (очерки и впечатления летней поездки). СПб., 1877. 404 с.

© Серебряная В. В., 2017

Поступила в редакцию  
в декабре 2016 г.

Ссылка для цитирования:

Серебряная В. В. Этапы формирования планировочной структуры малого исторического города Дубовки (Волгоградская область) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 545—572.

Об авторе:

**Серебряная Валентина Васильевна** — канд. исторических наук, доцент, профессор кафедры дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**V. V. Serebryanaya**

## THE STAGES OF THE PLANNING STRUCTURE FORMATION OF THE SMALL HISTORIC TOWN OF DUBOVKA (VOLGOGRAD OBLAST)

The study deals with the formation process of the architectural-planning structure of the small historic town of Dubovka. This is the first time that the archival documents are used for the study of this matter. The detailed analysis of the planning and the development of the town is

provided on the basis of written field surveys. The attempt to restore partially the town's original layout is made. Certain functions that influenced the formation of the planning structure of the town are defined. It is noted that the reconstruction of Dubovka in accordance with the single urban development plan of the beginning of XIX century has continuity with the subsequent stages of the development of the town.

**Key words:** the town of Dubovka, Volgograd Oblast, architectural town planning heritage, Volga Cossacks, tenement, general layout.

#### REFERENCES

1. Minkh A. N. *Istoriko-geograficheskii slovar' Saratovskoi gubernii: Yuzhnye uezdy Tsaritsynskii i Kamyshinskii. Sovremennaya versiya* [Historical and geographical dictionary of Saratov province: South country towns of Tsaritsyn and Kamyshin. Contemporary version]. Volgograd, 2010. 568 p.
2. Bogolyubov N. P. *Volga ot Tveri do Astrakhani* [The Volga River from Tver to Astrakhan]. Saint Petersburg, 1862. 415 p.
3. Kostomarov N. I. [Impressions of Kamyshin, Dubovka and Tsaritsyn. 1858]. M. M. Zagorul'ko, I. O. Tyumentsev (ed.). *Tsaritsynskii i Kamyshinskii uezd v opisaniyakh kraevodov. 1727—1928* [Country towns of Tsaritsyn and Kamyshin in the descriptions of local historians. 1727—1928]. Volgograd, 2010. Pp. 82—88.
4. Monastyrskii S. *Illyustrirovannyi sputnik po Volge: v 3-kh chastyakh* [Illustrated guide along the Volga River: in 3 parts]. Kazan, 1884. 512 p.
5. *Opyt issledovaniya ekonomicheskogo polozheniya stanits Astrakhanskogo Kazach'ego voiska* [The experience of the research of the economic situation in villages of Astrakhan Cossack host]. Astrakhan, 1897. 865 p.
6. Sukhorukov V. D. *Statisticheskoe opisanie Zemli donskikh kazakov, sostavlennoe v 1822—1832 gg.* [Statistical description of the lands of the Don Cossacks made in 1822—1832]. Novocheboksarsk, 1891. 302 p.
7. Savel'ev E. [Tribal and social structure of the Cossacks (historical sketches)]. *Donskie oblastnye vedomosti* [Don Regional Bulletin], no. 171/08.08.1913, pp. 2—3.
8. Krasnov N. *Materialy dlya geografii i statistiki Rossii, sobrannye ofitserami general'nogo shtaba. Zemlya Voiska Donskogo* [Proceedings for geography and statistics of Russia collected by the staff officers. The Land of the Don Host]. Saint Petersburg, 1863.
9. Korolev V. I. [Painting in the Don Cossack towns at the end of the XVI century]. *Istoriko-arkheologicheskie issledovaniya v Azove i Nizhnem Donu v 1991 godu* [Historical and archaeological researches in Azov and the Lower Don in 1991], iss. 11, Azov, 1993.
10. Ryblova M. A. *Traditsionnye poseleniya i zhilishcha donskikh kazakov* [Traditional settlements and dwellings of the Don Cossacks]. Volgograd, 2002. 241 p.
11. Evliya Chelebi. *Kniga puteshestviya (Iz vlecheniya iz sochineniya turetskogo puteshestvennika XVII veka). Perevod i kommentarii* [Travel book (Extracts from the essay of the Turkish traveller of the 17th century). Translation and comments]. Iss. 2. Moscow, 1979. Pp. 40, 179.
12. Kryuis K. *Rozyskaniya o Done, Azovskom more, Voronezhe i Azove (s nekotoryimi svedeniyami o kazakakh), uchennoe po poveleniyu Petra Velikogo vitse-admiralom K. Kryuisom v 1699 godu i podnesennoe tsarevichu Alekseyu Petrovichu* [Investigation of the Don, the Sea of Azov, Voronezh and Azov (with some information about Cossacks), conducted at Peter the Great's dictation by Vice-Admiral K. Kryuis in 1699 and presented to Tsarevitch Alexey Petrovich]. *Otechestvennyye zapiski* [National Notes], 1824, no. 10, pp. 49—50.
13. Rigelman A. I. *Istoriya ili povestvovanie o donskikh kazakakh* [Story or narration about the Don Cossacks]. Moscow, 1845, pp. 8. URL: [http://www.modernlib.ru/books/ai\\_rigelman/istoriya\\_ili\\_povestvovanie\\_o\\_donskih\\_kazakah](http://www.modernlib.ru/books/ai_rigelman/istoriya_ili_povestvovanie_o_donskih_kazakah). Access mode
14. Mininkov N. A. *Donskoe kazachestvo na zare svoei istorii* [The Don Cossacks at the beginning of their history]. Rostov-on-Don, 1992. 166 p.
15. Pallas. *Puteshestvie po raznym provintsiiam Rossiiskoi imperii* [The journey around different provinces of the Russian Empire]. Saint Petersburg, Imperial Academy of Sciences. 1773—1788, p. 3, Half 2, pp. 207—209.
16. Perechitskaya S. L. [Towards some features of the formation of Dubovsky settlement at the end of the XVIII century (proceedings of suburban town hall)]. *Nauchnyi ezhegodnik «Strezhen»* [Scientific Annual “Sterzhen”]. Iss. 8, Volgograd, Izdatel' Publ., 2010. Pp. 175—182.

17. Lunochkin A. V., Tyumentsev I. O. ["Tsaritsyn and Dubovsky settlements" A. V. Tereshchenko — the first special scientific research on the history of the region (adapted text of A. V. Tereshchenko's essay)]. *Nauchnyi ezhegodnik «Strezhen'»* [Scientific Annual "Sterzhen"]. Iss. 5, Volgograd, 2006. Pp. 348—349.

18. Nemirovich-Danchenko V. I. *Po Volge (ocherki i vpechatleniya letnei poezdki)* [Along the Volga River (sketches and impressions of the summer trip)]. Saint Petersburg, 1877. 404 p.

*For citation:*

Serebryanaya V. V. [The stages of the planning structure formation of the small historic town of Dubovka (Volgograd oblast)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 545—572.

*About author:*

**Serebryanaya Valentina Vasil'evna** — Candidate of Historical Science, Docent, Professor of Design and Monumental and Ornamental Art Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation



УДК 711.58+378.091.276-057.87

**Е. А. Баранская, Г. Н. Ковалева, А. В. Дренюк, Т. С. Колодницкая**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ТЕРРИТОРИЙ И МЕТОДЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УЧЕБНЫХ ПРОЕКТАХ СТУДЕНТОВ-АРХИТЕКТОРОВ**

Рассматриваются методы проектирования дворовых пространств на примере жилых территорий г. Волгограда.

**Ключевые слова:** благоустройство территории, визуальное обследование, функциональное зонирование, озеленение, колористическое решение, генеральный план, стадии проектирования.

В начале XXI века объем строительства в городе Волгограде значительно снижен по сравнению с предыдущими двумя десятилетиями. Еще в девяностых годах прошлого века во всех крупных городах велось активное строительство жилья повышенной и средней этажности, а также сооружение крупных торгово-развлекательных центров [1]. Жилищный бум в настоящее время в нашем городе значительно уменьшился из-за экономического кризиса 2008 года, сооружение крупных культурно-развлекательных и торговых центров также завершилось, их переизбыток, особенно в центральной части Волгоград, привел к снижению посещаемости этих крупных объектов, особенно в будние дни.

Современный этап социальной жизни Волгограда характеризуется активной подготовкой к проведению Чемпионата мира по футболу в 2018 году. В нашем городе в Центральном и прилегающих к нему Ворошиловском и Краснооктябрьском районах ведется активное строительство и реконструкция спортивных объектов: стадионов, тренировочных футбольных полей, бассейнов, спортивных площадок и т. д., а также гостиниц различной комфортности, оригинальных ресторанов, кафе-баров и т. д. Привлекательность и благоприятный климат обустройства городской среды в большой степени зависит от удобства функционирования городских пространств, в которых помещены объекты культурно-бытового обслуживания: торговые здания, объекты активного отдыха горожан, спортивные и зрелищные сооружения и т. д.

Абсолютно новым в организации современной городской среды обитания Волгограда является разработка проектов фан-зон для будущих многочисленных туристов как иностранных, так и отечественных, привлеченных в город по случаю проведения мирового первенства по футболу в 2018 году. Лучшие архитектурные силы Москвы и Волгограда вовлечены в проектирование новых для города социальных зон с определенной зрелищно-развлекательной и спортивной функцией. В настоящее время уже разработан проект благоустройства фан-зоны на Центральной набережной города Волгограда и на улице Мира в непосредственной близости от Музыкального института имени Серебрякова.

Эти проекты выполнены под руководством известных архитекторов Волгограда: В. А. Русанова, Э. Э. Красильниковой, А. В. Чуйкова, А. Э. Бу-

рова, Т. М. Савельевой и др. К работе также привлечены молодые архитекторы нашего города. Кроме этих достаточно крупных и экспериментальных работ ведется активная деятельность по обустройству жилой среды во всех районах Волгограда. Это уникальное и очень своевременное задание по своей социальной направленности, оно выполняется по программе президента России В. В. Путина «Благоустройство дворов России». К этой творческой работе привлечены силы будущего поколения архитекторов, обучающихся в институте ИАиС ВолгГТУ.

На всех архитектурных специальностях Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета проводился творческий конкурс проектов по благоустройству и обустройству конкретных дворовых пространств в жилых районах Волгограда. Особенно большое внимание предполагается уделить реконструкции и реновации дворовой среды в южных районах нашего города: в Кировском, Советском и Красноармейском. Также активно должны быть благоустроены дворовые пространства в Ворошиловском, Центральном и Краснооктябрьском районах.

Проектные предложения студентов-архитекторов по реконструкции дворовых пространств учитывают состояние существующей дворовой среды и после визуального обследования выявляют набор типов жилых домов, а также элементы существующего обустройства и благоустройства; скудный состав элементов озеленения, стандартный набор осветительных устройств и т. д. [2]. Во многих дворах еще сохранились и эксплуатируются жителями объекты благоустройства, сооруженные 50, 20-30 лет назад: громоздкие по форме деревянные беседки и навесы, детские песочницы и городки из ржавых металлических труб, разоренные спортивные площадки и т. д. Озеленение в те же годы также осуществлялось стандартным набором деревьев и кустарников: тополя обыкновенного, вяза мелколистного, белой акации и сирени и некоторых других видов растительности [2]. К сожалению, в нашем засушливом и резко континентальном климате газоны практически отсутствуют, регулярный полив растений в придомовых территориях не осуществляется, поэтому вся поверхность земли практически лишена партерной растительности, исключая некоторые дворы, где энтузиасты-жители высаживают и ухаживают за объектами озеленения [2]. В целом общая картина городских дворовых пространств достаточно однообразна и уныла, лишена привлекательности, а также эстетического и психофизиологического комфорта и не способствует отдыху и комфортному пребыванию в этих дворах жителей различных возрастных групп [3].

Одним из самых главных недостатков обустройства дворовых территорий является отсутствие парковочных мест и проездов для личного автотранспорта, служебных машин для вывоза мусора, машин скорой помощи, различных технических служб [4]. Почти во всех дворах недостаточно элементов освещения, отсутствуют пандусы для инвалидов и детских колясок у входов в подъезды. Следует также отметить плохую организацию в функционировании отдельных дворовых зон и связи между ними. Спортивные площадки, площадки для отдыха различных групп населения, хозяйственные зоны и другие расположены в случайных местах и не связаны друг с другом проездами и пешеходными дорожками [5]. Однако некоторые дворы и дворовые пространства, особенно в центральной части города Волгограда, имеют

более привлекательные объекты благоустройства и более разнообразный набор элементов озеленения, это можно объяснить реконструкцией дворовых пространств, проведенных в последние годы по настоянию жителей. В некоторых дворовых пространствах благоустройство дворов вблизи так называемых «элитных» жилых домов отличается от рядовых. Это связано с определенной социальной группой горожан, имеющих достаточные материальные средства для содержания «элитных» дворовых территорий, которые огорожены, имеют свои автостоянки и не доступны для посторонних горожан [2].

Студенты-архитекторы в своих учебно-экспериментальных проектах на основе реальных заданий, выданных районной администрацией и используя рекомендации горожан, проживающих на данной территории, постарались удовлетворить все просьбы жителей. По итогам анкетирования, проведенного студентами, была разработана четкая организация дворовой среды: дорожно-тропиночная сеть, места стоянки автотранспорта, новое инженерное оборудование и сеть элементов освещения, а также озеленения.

При решении проектной задачи постарались учесть и удовлетворить потребности жителей, а также уделили достаточное внимание различным мелочам при организации дворовой жизни. Особенно большое внимание посвятили обеспечению мест для игр детей, удовлетворению нужд подростков и рекреационных зон для пожилых людей, проживающих в этих дворах и проводящих в них свое свободное время, особенно в теплый период времени года [6].

Обследование и проектирование дворовых территорий проводилось по определенной методике, разработанной преподавателями, в которой заложено поэтапное выполнение работ студентами. Первоначально проектанты визуально тщательно осуществляли обследование реального положения и состояния дворовых пространств, а также производили фотофиксацию всех отдельных зон конкретных дворов, транспортных подъездов к ним, а также окружающие реконструируемые дворы городские территории. Второй этап — разработка конкретного плана, выполнения проектных работ и утверждение сроков его выполнения.

В данной статье в качестве примера представлена разработка проекта реконструкции дворового пространства, произведенного под руководством педагогов кафедры Арх ЗиС: доц. Г. Н. Ковалевой, доц. Е. А. Баранской, студентов ИАиС ВолГГТУ Т. С. Колоднитской и А. В. Дренюк группы Арх 3-15. Для выполнения проекта студенты выбрали территорию двора на ул. Кузнецова, 24 в Краснооктябрьском районе (рис. 1).

Следующей стадией проектирования было обследование существующего положения в проектируемом жилом пространстве и выявление основных недостатков, которые необходимо ликвидировать. Были обозначены несоответствие в функционировании основных зон двора, а также отсутствие коммуникационной связи между отдельными зонами. К основным недостаткам относится также скудный набор отдельных элементов, которые обеспечивают необходимую организацию всех функциональных зон и связей между ними: отсутствие парковочных площадок (поэтому жители вынуждены ставить свой личный автотранспорт у входа в подъезды и в других непредназначенных для этого местах), хозяйственная площадка с расположенными на ней мусорными контейнерами помещена в центре двора, рядом с детской пло-

щадкой, что совершенно недопустимо по санитарным нормам [7]. Наличие старого кирпичного гаражного ангара (рядом с хозяйственной зоной и детской площадкой) также не украшает дворовое пространство. Также следует отметить неудовлетворительное состояние поверхности детской площадки и ее игровых элементов, а также полное отсутствие спортивной площадки для подростков. Студенты при обследовании выявили недостаточное озеленение всего дворового пространства, что не способствует созданию комфортной жилой среды.

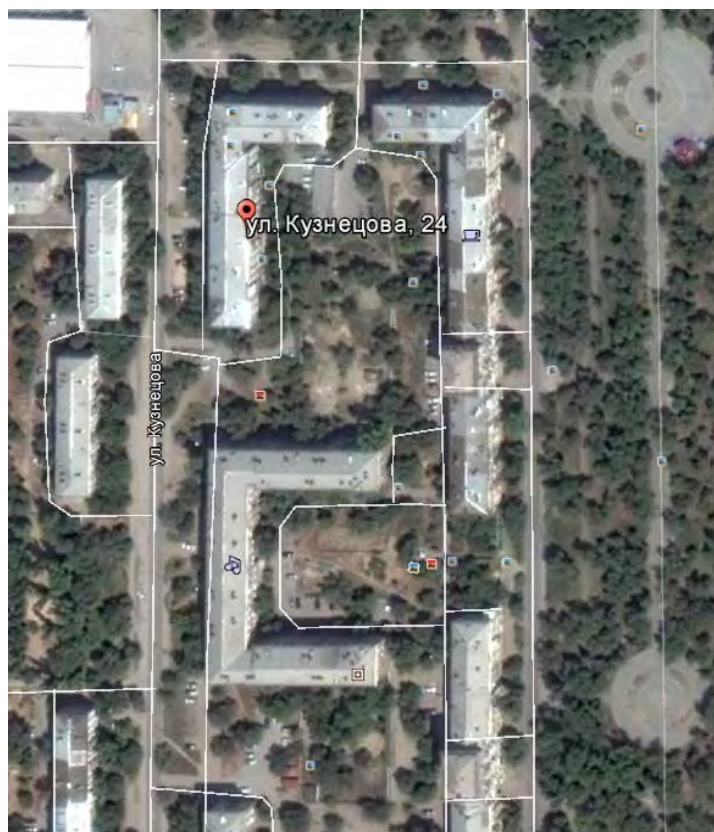


Рис. 1. Существующий план жилого двора по ул. Кузнецова, 24

Студенты-архитекторы Т. С. Колодницкая и А. В. Дренюк внесли свои проектные предложения, которые улучшат функционирование отдельных зон и связи между ними. В результате в проекте была предложена новая схема расположения отдельных функциональных зон и коммуникационной связи между ними, а именно: 1) хозяйственная зона, 2) парковочная зона, 3) спортивная зона для подростков, 4) детская игровая зона, 5) зона отдыха взрослого населения. Функциональное зонирование дворовой территории полностью изменилось и стало соответствовать современному пониманию организации комфортной дворовой среды.

В проекте был предложен проектный вариант плана дворового пространства, где были помещены все заново запроектированные функциональные зоны (рис. 2).



Рис. 2. Новый генеральный план с функциональными зонами

В предлагаемом генеральном плане хозяйственные зоны и парковки расположены в других местах, удобных для использования жителей.

В своих проектных разработках студенты уделили внимание таким казалось бы мелочам, как установка поливных устройств, питьевых фонтанчиков, новых объектов освещения, пандусов для въезда в подъезд инвалидов и т. д.

Студенты кафедры АРХЗиС ИАиС ВолГГТУ оформили в альбомы рабочих чертежей свои творческие проекты, где указали все основные размеры и параметры как отдельных функциональных зон, так и их разнообразных элементов. Была также представлена пояснительная записка, где к каждому проекту обустройства дворов были представлены основные технико-экономические параметры разрабатываемых проектов дворов и стоимость реализации отдельных зон элементов и компонентов, таких как организация проездов и стоянок для транспорта; схемы элементов освещения; схемы озеленений всех зон двора; схемы эксплуатации хозяйственных площадок; общую стоимость зон, оснащаемых новыми игровыми и спортивными элементами и т. д.

Было также уделено достаточно внимания колористическому решению как отдельных функциональных зон, так и их составляющих, таких как игровые устройства (катательные горки, игровые комплексы для лазания, качелей и каруселей, плескательные бассейны, песочницы и теневые навесы и т. д.). Все это предлагалось покрасить в яркие цветовые тона, хорошо сочетающиеся между собой и привлекающие к этим зонам внимание детей.

Студенты на различных курсах объединились в проектные творческие группы, по два-три человека, под руководством преподавателей этих учебных групп. На занятиях проводились совместные обсуждения как общего решения проектного задания, так и отдельных ее деталей. Каждая группа первоначально выполнила несколько эскизных вариантов благоустройства дворов, включая каждую из его зон, а потом в результате обсуждения был выбран лучший вариант проектного решения.

Одной из интересных проектных работ и оригинальных по своему решению была работа студентов кафедры Арх ЗиС ИАиС ВолгГТУ, группы Арх 3-15: Т. С. Колодницкой и А. В. Дренюк, которые, как уже выше было написано, разработали проектное предложение по организации дворового пространства по улице Кузнецова, д. 24 в Краснооктябрьском районе города Волгограда. Особенностью этого дворового пространства явилось то, что половина его площади занята под территорию детского сада, что осложняет дальнейшую проектную задачу по обустройству двора. Первоначально студенты группы Арх 3-15 Т. С. Колодницкая и А. В. Дренюк исследовали существующие положение двора и выявили недостатки по организации внутренней жилой среды, плохую организацию всех функциональных зон и связей между ними, а именно: отсутствие парковочных площадок (поэтому жители вынуждены ставить свой личный автотранспорт у входа в подъезды и в других непредназначенных для этого местах); в центре двора хозяйственная площадка с расположенной на ней мусорными контейнерами (рядом с детской площадкой); наличие старого кирпичного гаражного ангара (рядом с хозяйственной зоной и детской площадкой); очень плохое состояние детской площадки и ее игровыми элементами; полное отсутствие спортивной площадки и недостаточное озеленение всего дворового пространства. Студентки сделали свои проектные предложения, улучшающие функционирование отдельных зон и связь между ними, посредством этого предложили схему расположения различных функциональных зон и коммуникационной связи между ними: 1) хозяйственная с гаражным ангаром, 2) детская игровая зона, 3) пустырь.

Разработчики предложили свою проектную концепцию обустройства территорий двора: полностью переустроить, реконструировать, а также заменить внутреннее расположение всех функциональных зон, существующей дворовой среды. В проекте было предложено убрать хозяйственную зону с мусорными устройствами с центра дворовой территории, а также снести существующие кирпичные и старые гаражи, эксплуатируемые жителями двора. Полностью разместить спортивную площадку для подростков, которая будет представлять собой универсальную площадку, с новым спортивным оборудованием, которая сможет эксплуатироваться как волейбольная, баскетбольная площадка, а также как малое футбольное поле, рядом с площадкой следует предусмотреть установку спортивных снарядов для гимнастических упражнений молодежи и взрослого населения. В проекте добавлены площадка отдыха для взрослого населения и полностью проведена ренновация детской площадки для дошкольного и младшего школьного возраста детей.

Дворовое пространство разделили по следующим зонам: 1) хозяйственная зона, 2) спортивная зона для подростков, 3) детская игровая зона, 4) зона отдыха взрослого населения, 5) парковочная зона. На рис. 3 представлено новое функциональное зонирование дворовой территории. В результате изменения генерального плана двора между его отдельными зонами наметилась четкая коммуникационная связь, что должно способствовать улучшению композиции внутреннего пространства двора, причем следует отметить, что функционирование всех зон должно стать более комфортным для жителей всех возрастов.



Рис. 3. Общий вид дворового пространства со стороны выходов одного из домов

Общая композиция планировки реконструируемого жилого двора получила более четкую структуру всей функциональной площадки, имеет четкие геометрические очертания прямоугольной или круглой формы, коммуникационные связи-дорожки проложены или параллельно транспортным проездам, или по диагонали общего плана двора.

В результате изменения генерального плана двора между его отдельными зонами наметилась четкая коммуникационная связь, что должно способствовать улучшению композиции внутреннего пространства двора, причем следует отметить, что функционирование всех зон должно стать более комфортным для жителей всех возрастов.



Рис. 4. Стоянка для автотранспорта, расположенная на выезде из двора



В предложенном проекте продумано более удобное расположение стоянки для автотранспорта (на выезде из двора), а также за местными проездами у домов, что исключает установку машин под окнами домов, и очень мешает удобству жителей и является небезопасным (рис. 4).



Рис. 5. Площадка для отдыха с элементами озеленения окружающей территории

Площадка для отдыха прямоугольной формы, с расположенной на ней беседкой граненной формы размещена в зеленой зоне дворового пространства, что способствует комфортному отдыху жителей различных социальных групп (рис. 5). На этой же площадке могут быть расположены лавочки для отдыха и другие малые формы (рис. 6).



Рис. 6. Благоустройство площадки для отдыха и площадки для детей младшего возраста с игровыми устройствами



В проектной разработке студентами продумана удобная структура комплекса различных площадок с соответствующим оборудованием, озеленением и благоустройством, что должно значительно улучшить визуальное и эстетическое восприятие жилой среды.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Северин С. И.* Комплексное озеленение и благоустройство городов. Киев: Будивельник, 1972. 232 с.
2. *Ковалева Г. Н.* Состояние рекреационных пространств в г. Волгограде на современном этапе и их влияние на социокультурную жизнь города // Интернет-вестник ВолгГАСУ Сер.: Политематическая. 2010. Вып. 3(13). Ст. 11. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=49>
3. *Нефедов В. А.* Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб., 2002. 296 с.
4. *Казаков Л. К.* Ландшафтоведение: учебник. М.: Академия, 2011. 336 с.
5. *Тетиор А. Н.* Городская экология. М.: Академия, 2006. 336 с.
6. *Нехуженко Н. А.* Основы ландшафтного проектирования и ландшафтной архитектуры. СПб.: Нева, 2004. 192 с.
7. *Владимиров В. В.* Пути сохранения экологического развития в городских агломерациях // Промышленное и гражданское строительство. 1996. № 9. С. 35.

© Баранская Е. А., Ковалева Г. Н., Дренюк А. В., Колодницкая Т. С., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Принципы организации жилых территорий и методы их применения в учебных проектах студентов-архитекторов / Е. А. Баранская, Г. Н. Ковалева, А. В. Дренюк, Т. С. Колодницкая // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 573—582.

Об авторах:

**Баранская Елена Аркадьевна** — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Ковалева Галина Николаевна** — доцент кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Дренюк А. В.** — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**Колодницкая Т. С.** — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**E. A. Baranskaya, G. N. Kovaleva, A. V. Drenyuk, T. S. Kolodnitskaya**

#### PRINCIPLES OF ARRANGEMENT OF RESIDENTIAL AREAS AND METHODS OF THEIR APPLICATION IN CLASS PROJECTS OF ARCHITECTURAL STUDENTS

The methods of the design of courtyard spaces by the example of residential areas in Volgograd are considered.

Key words: improvement of the area, visual inspection, functional zoning, greening, colouristic solution, general layout, design stage.

#### REFERENCES

1. Severin S. I. *Kompleksnoe ozelenenie i blagoustroistvo gorodov* [Complex greening and provision of urban amenities]. Kiev, Budivel'nik Publ., 1972. 232 p.

2. Kovalyova G. N. [Condition of recreational spaces in Volgograd at the present stage and their influence on socio-cultural life of the city]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2010, no. 3(13), paper 11. URL: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&coverno=49>
3. Nefedov V. A. *Landshaftnyi dizain i ustoichivost' sredy* [Landscape design and environmental resistance]. Saint Petersburg, 2002. 296 p.
4. Kazakov L. K. *Landshaftovedenie* [Landscape science]. Moscow, Akademiya Publ., 2011. 336 p.
5. Tetior A. N. *Gorodskaya ekologiya* [Urban ecology]. Moscow, Akademiya Publ., 2006. 336 p.
6. Nekhuzhenko N. A. *Osnovy landshaftnogo proektirovaniya i landshaftnoi arkhitektury* [Principles of landscape design and landscape architecture]. Saint Petersburg, Neva Publ., 2004. 192 p.
7. Vladimirov V. V. [Ways of preservation of the ecological development in urban agglomerations]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and civil engineering], 1996, no. 9, p. 35.

*For citation:*

Baranskaya E. A., Kovaleva G. N., Drenyuk A. V., Kolodnitskaya T. S. [Principles of arrangement of residential areas and methods of their application in class projects of architectural students]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 573—582.

*About authors:*

**Baranskaya Elena Arkad'evna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Kovaleva Galina Nikolaevna** — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Drenyuk A. V.** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Kolodnitskaya T. S.** — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 378.147

**Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Ермилова, О. Н. Маринина, О. В. Проценко**

**Волгоградский государственный технический университет**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ СТУДЕНТАМ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Рассмотрена система дидактических принципов, лежащих в основе отбора содержания образования студентов архитектурно-строительных специальностей по дисциплине «Начертательная геометрия». Даны формулировки и развернутые характеристики предложенных принципов обучения, а также рекомендации по их применению для повышения эффективности и качества графического образования выпускников технических вузов.

**Ключевые слова:** графическое образование, графические дисциплины, начертательная геометрия, дидактические принципы обучения.

Дисциплины графического профиля составляют основу архитектурно-строительного образования. Их изучение дает будущему бакалавру (специалисту) не только необходимую геометро-графическую подготовку для освоения других общетехнических и специальных дисциплин вуза, но и развивает способность к инновационной деятельности и ее конструированию, оказывает значительное влияние на профессиональное и личностное становление. Однако исследования проблем высшего технического образования показали, что в настоящее время данным дисциплинам уделяется недостаточно внимания. Отмечено, что на качестве современной графической подготовки студентов отрицательно сказывается обостряющийся дефицит отведенного на нее учебного времени, а также слабая геометрическая и графическая подготовка выпускников общеобразовательных учреждений [1—5].

Изучение дисциплин графического цикла, в частности начертательной геометрии, в вузе планируется в первом семестре, что доставляет немало проблем вчерашнему школьнику. Прежде всего, сама система обучения в высшем учебном заведении крайне отличается от среднего образования. Кроме этого, начертательная геометрия — предмет достаточно сложный, трудный для понимания, а знания по графическим дисциплинам, как правило, поверхностны или отсутствуют полностью, поэтому студент проходит длительную адаптацию, показывая зачастую неудовлетворительный результат. Задача преподавателя оказать педагогическую помощь и поддержку обучающемуся плавно, безболезненно влиться в студенческую среду, освоить дисциплину и в дальнейшем успешно сдать экзамен. Начертательная геометрия наиболее эффективно и целенаправленно помогает развивать креативное мышление будущего инженера, занимающее значительное место в различных творческих процессах. При освоении этой дисциплины активно формируется проективное видение личности, проявляющиеся в создании визуальных образов окружающего мира и построении новых. Ощущение, восприятие, представление, воображение, а порой и инсайт, задействованные в графической деятельности, носят универсальный характер и могут быть использованы в других видах деятельности. Таким образом, освоение дисциплины способствует созданию пространственных представлений различной степени сложно-

сти, при этом активно развиваются разнообразные способности личности, включая и творческие.

В настоящее время система высшей технической школы претерпевает существенные преобразования, в их числе важнейшие методические инновации — профессиональные стандарты и ФГОС четвертого поколения (запросы работодателей будут учитываться в образовательных программах вуза). На этом фоне изменение целевых установок образования актуализировало необходимость пересмотра его содержательных и процессуальных компонентов, а также совершенствования методики преподавания графических дисциплин. Анализ психолого-педагогической литературы показал, что дидактическим аспектам преподавания начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики посвящены исследования Н. А. Бабулина, Г. Ф. Горшкова, Г. В. Ефремова, И. Г. Захаровой, В. И. Курдюмова, А. И. Лагерь, Г. А. Мальцевой, П. А. Острожкова, Н. А. Рынина, Т. М. Сергеевой, А. В. Стрижакова, В. А. Тюриной, Т. В. Чемодановой, Н. Ф. Четверухина, В. И. Якунина и др. Вопросы совершенствования методики преподавания графических дисциплин изучались также в работах Е. А. Ваншиной, С. В. Железного, Н. В. Кнапнугель, Т. К. Королик, Л. Н. Корчагиной, Г. А. Мальцевой, Е. А. Москалевой, М. Л. Мухиной, Л. П. Полит, В. М. Приходько, Д. В. Сорокина, И. В. Сычева, К. Л. Черноталовой, И. А. Ширшовой [6—16] и т. д.

Проблемы, рассматриваемые в исследованиях, затрагивают различные аспекты теории и методики преподавания дисциплин графического профиля в вузах: развитие и применение технологии 3D-моделирования [6, 7], мультимедийных, информационных, компьютерных технологий и презентаций, компьютерной анимации [8, 9]; разработка и внедрение в образовательный процесс обучающих модулей [10], активных и интерактивных форм и методов [11—13]; формирование междисциплинарных связей [14] и многое др. Вместе с тем одно из центральных мест в системе графической подготовки студентов занимают вопросы овладения методикой рационального применения дидактических принципов как нереализованного потенциала в преподавании дисциплин графического цикла.

Под принципами обучения понимают исходные дидактические положения, отражающие закономерности образовательного процесса и определяющие его направленность на развитие личности. В принципах обучения раскрываются теоретические подходы к построению и управлению учебным процессом, определяются позиции и установки по его организации и оптимизации [17]. В современной дидактике представлен ряд работ, связанных с исследованием систематизации закономерных связей в образовательном процессе, а также с определением дидактических принципов обучения (С. И. Архангельский, В. П. Беспалько, П. П. Блонский, Д. Н. Богоявленский, М. А. Данилов, Б. П. Есипов, Г. А. Иващенко, Т. А. Ильина, И. Ф. Исаев, И. И. Кобыляцкий, Я. А. Коменский, И. Я. Конфедератов, Н. А. Менчинская, Л. А. Найниш, Р. А. Низамов, Н. Г. Плющ, И. П. Подласый, М. Н. Скаткин, В. А. Сластенин, Е. Н. Шиянов и др.).

Оценка результатов исследований показала, что единства взглядов по вопросам о принципах обучения нет. Разными учеными предлагаются различное количество принципов и их характеристик. Например, И. П. Подласый в качестве основополагающих, составляющих единую систе-

му, выделяет следующие дидактические принципы: сознательности и активности; наглядности; систематичности и последовательности; прочности; научности; доступности; связи теории с практикой [18].

В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев и Е. Н. Шиянов представляют систему дидактических принципов, состоящую из содержательных и процессуальных (организационно-методических) принципов. Содержательные принципы обучения, с их точки зрения, отражают закономерности, которые связаны с отбором содержания образования и его совершенствованием. Это принципы: гражданственности, научности, воспитывающего характера, фундаментальности и прикладной направленности (связи обучения с жизнью, теории с практикой). Организационно-методические принципы обучения регламентированы действием закономерностей социального, психологического и педагогического характера. К ним относят принципы: преемственности, последовательности и систематичности; единства группового и индивидуального обучения; соответствия обучения возрастным и индивидуальным особенностям обучаемых; сознательности и творческой активности; доступности при достаточном уровне трудности; наглядности; продуктивности и надежности. При этом авторы отмечают, что такое деление дидактических принципов «условно: значение каждого принципа не ограничивается только рамками своей группы. Однако оно методически правомерно, так как помогает ответить на два основных вопроса дидактики: чему и как учить? Из дидактических принципов вытекают правила обучения, которые подчиняются принципу, конкретизируют его, определяют характер отдельных методических приемов, используемых учителем (преподавателем), и ведут к реализации данного принципа. Принципы отражают сущность процесса обучения, а правила — его отдельные стороны» [17, с. 206].

В основу системы принципов обучения, с позиций П. И. Пидкасистого, В. В. Воронова и др. [19], легли управленческий и личностно-деятельностный образовательные подходы, в соответствии с которыми ими предложены следующие принципы: взаимообусловленности обучения и воспитания; целостности и единства дидактического процесса; единства образовательной, развивающей и воспитательной функций обучения; научности содержания и методов обучения; систематичности и последовательности в овладении обучающимися достижениями науки, культуры, опытом деятельности; сознательности, творческой активности и самостоятельности обучающихся при руководящей роли педагога; наглядности, единства конкретного и абстрактного, рационального и эмоционального, репродуктивного и продуктивного как выражение комплексного подхода; доступности обучения; прочности результатов обучения и развития познавательных сил обучающихся; связи обучения с жизнью, с практикой строительства демократического общества; рационального сочетания коллективных и индивидуальных форм и способов учебной работы. Ученые отмечают неравнозначность представленных принципов обучения и их подчиненность «ведущему принципу — принципу духовно направленного на общечеловеческие ценности, воспитывающего и развивающего обучения» [19, с. 201].

В последнее время значительно возрос интерес к вопросам исследования дидактических принципов графической подготовки студентов вузов. Это нашло отражение в работах Л. В. Андреевой, Д. Б. Бабаева, К. А. Бездудного,

О. Б. Болбат, К. А. Вольхина, Е. П. Вох, М. М. Головановой, И. М. Дмитриевой, Е. Ю. Елисеевой, Н. В. Зеленовской, И. Б. Кордонской, О. Н. Кузнецовой, Т. К. Мусалимова, Н. В. Мясоедовой, Л. А. Найниш, Л. Г. Нартовой, О. И. Олонцева, П. А. Острожкова, В. А. Патриной, Т. И. Пашковской, Н. Г. Плющ, А. В. Полковой, Л. П. Русиновой, А. В. Рычковой, И. А. Сергеевой, В. И. Тельного, Г. К. Хубетдинова, Т. В. Чемодановой, Е. И. Шангиной, Г. Г. Шапровой, И. А. Ширшовой, О. В. Ярошевич [20—26] и др.

Опираясь на данные исследования, считаем, что принципы обучения графических дисциплин, в том числе и начертательной геометрии, как исходные положения педагогической теории обучения и воспитания, определяются целями графического образования специалиста (бакалавра) и представляют собой систему, состоящую из совокупности общепедагогических и специфических принципов.

Среди основных общепедагогических принципов обучения рассмотрим следующие принципы:

- 1) фундаментальности образования;
- 2) научности;
- 3) активности, самостоятельности, творчества и сознательности;
- 4) личностной ориентации;
- 5) наглядности;
- 6) прочности знаний;
- 7) доступности и посильности.

*Принцип фундаментальности образования* заключается в приобретении глубоких теоретических и фундаментальных знаний и соединение их с инженерными знаниями, умениями и навыками. Задача педагога сориентировать содержание графического образования на развитие личности студента, его мировоззренческой позиции, ценностно-смысловых приоритетов, эрудиции и новаторства, способности к анализу и синтезу, логико-конструктивному мышлению, проективному видению. Именно фундаментальные знания во многом ответственны за целостное восприятие мира, они дольше служат человеку, позволяя глубже понимать, дальше видеть, больше осознать. Откладываясь глубоко в подсознании, эти знания в дальнейшем помогут будущему специалисту (бакалавру) лучше понимать и анализировать поставленные производственные задачи. Получив фундаментальные знания, студент неоднократно будет использовать их на практике в процессе работы. Например, знание теорем о взаимном положении прямых в пространстве, перпендикулярности прямой и плоскости, которые являются основой начертательной геометрии и широко применяются при проектировании и строительстве различных сооружений, в сочетании с темами инженерной графики по разработке основных чертежей здания, помогут выпускнику легко спроектировать, а возможно и построить надежный, современный, практичный дом. Фундаментальные знания всегда найдут применение и в простых жизненных ситуациях.

*Принцип научности* следует считать основополагающим в обучении. В процессе образовательной деятельности студенты должны освоить систему достоверных, научно обоснованных знаний. В основе искусства, как и в основе науки, лежит процесс познания реальной действительности. Различны лишь формы отражения: наука воплощает результаты познания в форме по-

нений, суждений и умозаключений, а искусство — в образной форме. Во время изображения с натуры (например, технический рисунок в машиностроительном черчении) обучаемый не только старается скопировать внешнюю форму предмета (детали), но и стремится изучить внутреннее устройство, структуру, конструкцию, влияющую на форму. Понятие о предмете по-настоящему формируется только в результате зрительных впечатлений и логических суждений. И задача педагога — добиться от обучаемых не бездумного копирования, а грамотного применения научных закономерностей построения. Педагог должен излагать знания, указывая на причины, т. е. не только показывая, каким образом что-либо происходит, но также и показывать, почему оно не может быть иначе. Для этого педагог должен приучить студентов сочетать процессы анализа и синтеза — процессы расчленения целого на части и обратного воссоединения их в единое целое. Целостное восприятие объекта служит не только исходным моментом для остального рассмотрения изучаемого объекта, но и постоянным фоном, на котором выделяется и изучается каждая часть в отдельности.

Материал, составляющий программу курса, должен соответствовать уровню современной науки и преподаваться студентам в определенной последовательности, сохраняющей связи понятий, тем, разделов, а также межпредметные связи. Так понятие точки должно быть введено раньше понятия прямой, после которой даются понятия плоскости и поверхности. Последовательность расположения материала является необходимым условием систематичности. Связь начертательной геометрии с другими науками, например с геодезией, рисунком, макетированием, архитектурным проектированием, приведет в дальнейшем к существенному усовершенствованию процесса обучения. Например, знания, полученные при изучении раздела начертательной геометрии «Проекции с числовыми отметками», применяются в геодезии и вертикальной планировке городских улиц. Без понятия формообразования, пересечения поверхностей и сечения тел плоскостью ни один художник не преуспеет в рисунке с натуры и ни один архитектор не создаст свой шедевр.

*Принцип активности, самостоятельности, творчества и сознательности.* Сознательность и активность обучаемых способствуют углублению и расширению полученных знаний, развивают интерес к работе, способствуют творческим поискам. Степень самостоятельности и творчества в работе зависит от уровня знаний и тесно связанных с ними умений и навыков. Развитие способности выполнять самостоятельно, креативно то, что раньше делалось под руководством преподавателя, является важным показателем успешного обучения. Сознательность усвоения состоит в том, что студент, освоив теоретический материал, может применить его на практике. Чтобы определить, что знания основаны на понимании, необходим ряд вопросов, упражнений и задач. Количество информации в выдаваемом материале должно быть оптимальным. Это необходимо учитывать при подготовке преподавателя к занятиям, что полностью исключает «формальные знания». Например, студент легко находит расстояние от точки до плоскости, если плоскость задана треугольником и не может справиться с этой же задачей, если плоскость задана другим способом, например, параллельными прямыми.

Сознательность усвоения материала предполагает активность обучающегося. В процессе занятий студент должен принимать активное участие в обра-

зовательном процессе, для этого методы преподавания должны подбираться таким образом, чтобы студенту было интересно и понятно. Применяя активные методы обучения, необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого обучающегося и давать возможность каждому студенту реализовать свои потенциальные возможности. Педагогическая проблема состоит в том, чтобы строить обучение, не порождающее формализм, работу «по образцу», а умение применять полученные знания обдуманно, творчески. Процесс познания не должен заканчиваться в стенах учебного заведения. Например, при изучении темы «Поверхности» студенты знакомятся с такими поверхностями, как конус, призма, пирамида, сфера, цилиндр. Для самостоятельного изучения можно предложить им реферат-презентацию по темам сложных поверхностей: гиперболоид, геликоид, тор и т. д.

*Принцип личностной ориентации* выражает направленность на личность самого студента, на отношение к человеку как к абсолютной ценности, творцу самого себя, своей жизни и деятельности. В соответствии с концепцией личностно ориентированного образования В. В. Серикова личность отражает специфическую сферу образования и развития человека, и, приобретая когнитивный, практический и творческий опыт в образовательной деятельности, студент должен овладеть и опытом «быть личностью» — опытом реализации специфических личностных функций (мотивации, рефлексии, ответственности, избирательности, смыслов творчества, самоактуализации, самореализации и др.) [27]. Личностный подход в образовании предполагает и иное отношение к профессиональной деятельности преподавателя, который в условиях данной образовательной концепции должен обладать иными качествами мышления и деятельности, отличными от традиционной системы образования. Поэтому личностная ориентация рассматривается как «новый стиль профессионального поведения, иной строй мысли и в целом — образ учителя» (В. В. Сериков).

*Принцип наглядности* состоит в том, что обучаемые приобретают достоверные знания, обращаясь к самим предметам и явлениям как источнику познания. Этот принцип требует такого преподавания учебного материала, при котором понятия и представления становятся более ясными и конкретными. К основным средствам наглядности относят: технические чертежи, рисунки; стенды, плакаты и макеты; модели геометрических тел, наглядно раскрывающие конструктивные особенности их строения; рисунки самого педагога на доске по ходу занятия. Все виды наглядности помогают правильно видеть и понимать форму, ее содержание и структуру. Психологические основы наглядности заключаются в том, что в сознании человека решающую роль играют ощущения, т. е. если человек не видел, не слышал, не ощущал, то у него нет необходимых данных для суждения. Чем больше органов чувств участвует в восприятии, тем познание предмета у человека глубже и вернее.

Наглядность обучения — это один из важнейших принципов начертательной геометрии. В начале изучения курса для наибольшей наглядности используется объемная модель, на которой студент осваивает (знакомится) первые понятия начертательной геометрии. При формировании понятия поверхностей в процессе обучения должны использоваться модели элементарных поверхностей, при этом усвоение материала будет более эффективным. Например, при изучении темы «Следы прямых и плоскостей», увидев на мо-



дели точки и линии пересечения геометрических образов с плоскостями проекции, студент и через несколько лет после окончания вуза вспомнит определение следов. Наряду с моделями применяется символическая наглядность, т. е. технические рисунки и чертежи. Однако сочетание модели и чертежа во всем курсе не должно быть одинаковым. Вначале, когда студенты не умеют читать чертеж, основным средством наглядности будет объемная модель, по мере изучения дисциплины роль чертежа должна увеличиваться, и в конце курса можно полностью обойтись чертежом. Студент должен научиться свободно «читать» любой чертеж, что является одной из целей обучения начертательной геометрии. Нельзя игнорировать и современные технические средства для получения большей наглядности в процессе обучения. Эффективность наглядного обучения зависит от правильного выбора средств наглядности и от их правильного применения в процессе обучения.

*Принцип прочности знаний* требует не заучивания полученных знаний, а глубокого понимания учебного материала, и это тесно связано с сознательностью усвоения. При объяснении нового материала педагог должен опираться на ранее изученный материал, таким образом, повторяя и закрепляя его. Освещение новой темы будет происходить на другом, более высоком уровне. Совершенно очевидно, что на длительное время невозможно запомнить все формулировки теорем, однако отношения между понятиями, геометрическими объектами должны сохраняться в сознании студента. Например, понятие «плоскость» может остаться интуитивно ясным и после того, как забыто ее точное геометрическое определение. Студент не будет помнить теоремы начертательной геометрии, но будет применять их подсознательно в необходимых ситуациях. При изучении новой темы можно заслушивать небольшие доклады из истории развития и возникновения новых понятий, а также применения этих понятий в древности.

*Принцип доступности и посильности* обучения подразумевает четкое установление степени сложности и глубины освещения учебного материала для каждого этапа обучения. Педагог должен четко представлять, какие задачи на данный момент посильны для студента, что они могут усвоить и выполнить за отведенное время. В ходе учебного процесса необходимо учитывать индивидуальные особенности каждого обучающегося, особенности его мышления, память, характер и волю. Без учета этих особенностей невозможно достичь доступности обучения. На занятиях необходимо использовать варианты заданий для индивидуальной работы, разработанные с учетом различных способностей студентов. Так при проверке усвоения знаний по теме «Взаимное положение плоскостей» менее успевающим студентам дается эпюр с таким же заданием плоскостей, как и при решении аналогичных задач на практическом занятии, а более успевающим студентам плоскости задаются менее привычным способом (например, параллельными или пересекающимися прямыми). При применении разноуровневых заданий по каждой теме дисциплины «слабые» студенты смогут подтянуться до среднего уровня, а «сильные» не будут скучать на занятиях.

К *специфическим* принципам отбора содержания графического образования можно отнести следующие принципы:

- динамичности и целостности;
- профессиональной направленности;

единства восприятия и созидания;  
гибкости и динамичности.

*Принцип динамичности и целостности* подразумевает целостный процесс подготовки современных специалистов (бакалавров) в области графики, внесение в содержание этого процесса специфики профессиональной деятельности и изучения современных и новаторских направлений и перспектив развития графической науки, компьютерной графики и технологий. Опираясь на данный принцип, целесообразно, например, объединение начертательной геометрии и инженерной графики с компьютерной. Таким образом, студенты часть чертежей могут выполнять на форматах карандашом, а часть — в графических редакторах с применением инновационных технологий.

*Принцип профессиональной направленности* предполагает отбор содержания учебного материала, проведение глубокого анализа методов, форм и средств обучения начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, ориентированных на подготовку специалиста (бакалавра). Данный принцип позволяет отражать в содержании образования основные объекты будущей профессиональной деятельности выпускника технического вуза, показывать различные сферы применения графических дисциплин и их связь с другими науками.

*Принцип единства восприятия и созидания* заключается в умении воспринимать наглядную и визуальную информацию, делать выводы и применять полученные знания на практике. Например, предложить студентам по макету детали выполнить на чертеже основные ее виды.

*Принцип гибкости и динамичности* предполагает способность быстро ориентироваться в изменениях, происходящих в обществе, экономике, производстве. Гибкая система непрерывного образования в структуре технического вуза позволяет будущему специалисту (бакалавру), не нарушая фундаментальности инженерного образования, адекватно реагировать на появление новых объективных тенденций и учитывать изменения требований, предъявляемых к современным специалистам.

Современное образование, развитие науки, техники, инновационных технологий требуют нового подхода к изучению начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, однако традиционные принципы дидактики помогут преподавателю грамотно, доступно и интересно построить учебный процесс.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бегутова Г. П., Тарановская Е. А. Пути решения проблемы эффективности обучения графическим дисциплинам в высших учебных заведениях и повышение качества подготовки технических специалистов. URL: [http://conference.osu.ru/assets/files/conf\\_info/conf4/1.pdf](http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf4/1.pdf)
2. Мусиенко О. А. Развитие профессиональной компетентности студентов строительных специальностей при обучении графическим дисциплинам: автореф. дис... канд. пед. наук. Омск, 2007. 22 с.
3. Ермилова Н. Ю. Проблемы графического образования студентов архитектурно-строительных специальностей // Новые идеи нового века — 2015: материалы Пятнадцатой Междунар. науч. конф.: в 3 т. Хабаровск: Изд-во ТГООУ, 2015. Т. 2. С. 352—357.
4. Ермилова Н. Ю., Поздня Л. В. Растить инженера. Пути интеграции общего и высшего образования // Материалы ежегодной науч.-технич. конф. ППС и студентов ВолгГАСУ, 29—30 апреля 2014 г., Волгоград: в 2 ч. Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. Ч. I. С. 134—138.
5. Мензелинцев Н. В., Ермилова Н. Ю., Маринина О. Н. Значение и роль олимпиад по черчению в графическом образовании школьников и студентов // Вестник Волгоградского

государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 44(63). Ч. 2. С. 189—199.

6. *Ванишина Е. А.* Объемное моделирование в преподавании графо-геометрических дисциплин в вузе. URL: [http://conference.osu.ru/assets/files/conf\\_reports/conf9/435.doc](http://conference.osu.ru/assets/files/conf_reports/conf9/435.doc)

7. *Мухина М. Л., Черноталова К. Л., Ширинова И. А.* Современные методы обучения бакалавриата графическим дисциплинам // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20786>

8. Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сборник трудов Международной науч.-практ. конф., 27 марта 2015 г., Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2015. 296 с.

9. *Малаховская В. В., Завистовский В. Э., Баженев В. Н.* К вопросу преподавания графических дисциплин на машиностроительных специальностях с учетом компьютерных образовательных технологий // Искусство и культура. 2012. № 4(8). С. 140—145.

10. *Ермилова Н. Ю., Богдалова О. В.* Совершенствование методики преподавания дисциплин графического профиля // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: матер. 66-й Всерос. науч. тех. конф. Ч. I. Самара: СГАСУ, 2009. С. 55—57.

11. *Корчагина Л. Н.* Интерактивные формы и методы повышения познавательной и творческой активности обучаемых при обучении инженерной и компьютерной графике // Инновационные педагогические технологии: материалы IV междунар. науч. конф., г. Казань, май 2016 г. Казань: Бук, 2016. С. 148—150.

12. *Ефремов Г. В., Мальцева Г. А., Сергеева Т. М.* Педагогические методы и информационные технологии преподавания графических дисциплин. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2010/papers/20/>

13. *Сорокин Д. В., Кнапнугель Н. В., Мальцева Г. А.* Организация учебного процесса при преподавании графических дисциплин в техническом вузе. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2015/papers/85/>

14. *Москалева Е. А., Сычев И. В., Железный С. В.* Некоторые аспекты совершенствования методики преподавания технических дисциплин // Молодой ученый. 2015. № 24. С. 1001—1004.

15. *Королик Т. К.* Совершенствование методики преподавания инженерно-графических дисциплин. URL: [http://ng.sibstrin.ru/brest\\_novosibirsk/2015/doc/039.pdf](http://ng.sibstrin.ru/brest_novosibirsk/2015/doc/039.pdf)

16. Преподавание графических дисциплин в современных условиях: сборник научных трудов 43-й Межвузовской науч.-методич. Конф. (24 июня 2013 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 144 с.

17. *Сластенин В. А., Исаев И. Ф., Шиянов Е. Н.* Педагогика: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / под ред. В. А. Сластенина. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 576 с.

18. *Подласый И. П.* Педагогика: 100 вопросов — 100 ответов. М.: ВЛАДОС-пресс, 2004. 365 с.

19. Педагогика: учеб. пособие для студ. пед. учеб. заведений / В. В. Воронов, В. И. Журавлев, В. В. Краевский [и др.]; под ред. П. И. Пидкасистого. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Педагогическое общество России, 1998. 640 с.

20. *Бабаев Д. Б., Шапрова Г. Г.* Дидактические принципы построения дисциплины «Компьютерная графика» для студентов технических вузов // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2015. № 7. С. 112—114.

21. *Ермилова Н. Ю.* Принципы графической подготовки студентов строительных специальностей // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство: материалы Международной конф., посвящ. 60-летию образования вуза, 18—19 сент. 2012 г., Волгоград: в 2 ч. Волгоград: ВолГАСУ, 2012. Ч. II. С. 300—303.

22. *Зеленовская Н. В., Ярошевич О. В.* Дидактические принципы проектирования интегрированного курса инженерной компьютерной графики. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2011/papers/37/>

23. *Плющ Н. Г.* Содержание и дидактические принципы преподавания начертательной геометрии в современных условиях: автореф... канд. пед. наук. М., 1998. 20 с.

24. *Сергеева И. А.* Опыт создания и внедрение учебно-методического депозитария по начертательной геометрии и инженерной графике // Вестник НГПУ. 2014. № 2 (18). С. 93—102.

25. Тельной В. И. Использование дидактических принципов при изучении государственных стандартов ЕСКД и СПДС в курсе инженерной графики // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 255—262. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.3.255-262

26. Тельной В. И., Рычкова А. В. Обеспечение принципа наглядности при изучении графических дисциплин // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 202—211. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.11.202-211

27. Сериков В. В. Парадигма современного образования: ориентация на личность. URL: <http://rspu.edu.ru/university/publish/schools/2/1.html>

© Мензелинцева Н. В., Ермилова Н. Ю., Маринина О. Н., Проценко О. В., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Совершенствование методики преподавания начертательной геометрии студентам архитектурно-строительных специальностей / Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Ермилова, О. Н. Маринина, О. В. Проценко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 583—594.

Об авторах:

**Мензелинцева Надежда Васильевна** — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [menzelintseva\\_nv@mail.ru](mailto:menzelintseva_nv@mail.ru)

**Ермилова Наталья Юрьевна** — канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [n.y.ermilova@yandex.ru](mailto:n.y.ermilova@yandex.ru)

**Маринина Ольга Николаевна** — канд. техн. наук, доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, [day.meednight@gmail.com](mailto:day.meednight@gmail.com)

**Проценко Оксана Владимировна** — старший преподаватель кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**N. V. Menzelintseva, N. Yu. Ermilova, O. N. Marinina, O. V. Protsenko**

## THE IMPROVEMENT OF THE TECHNIQUE OF DESCRIPTIVE GEOMETRY TEACHING TO STUDENTS OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION SPECIALITIES

The system of the didactic principles which are the cornerstone of the selection of the content of educational programmes for students of architectural and construction specialties in Descriptive Geometry discipline is considered. The formulations and the developed characteristics of the offered training principles, as well as the recommendation on their application in order to increase the efficiency and quality of graphic education of graduates of technical institutions of higher educations are given.

**Key words:** graphic education, graphic disciplines, descriptive geometry, didactic principles of training.

## REFERENCES

1. Begutova G. P., Taranovskaya E. A. *Puti resheniya problemy effektivnosti obucheniya graficheskimi distsiplinami v vysshikh uchebnykh zavedeniyakh i povyshenie kachestva podgotovki tekhnicheskikh spetsialistov* [Solutions to the problems of efficient graphic discipline training in institutions of higher education and the improvement of quality of training of engineering specialists]. URL: [http://conference.osu.ru/assets/files/conf\\_info/conf4/1.pdf](http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf4/1.pdf)

2. Musienko O. A. *Razvitie professional'noi kompetentnosti studentov stroitel'nykh special'nostei pri obuchenii graficheskimi distsiplinam* [The development of professional competence of engineering students when teaching graphic disciplines]. Diss. Cand. Ped. Sci. Omsk, 2007. 22 p.
3. Ermilova N. Yu. [Problems of graphic training of students of architectural and civil engineering specialties]. *Novye idei novogo veka — 2015* [New ideas of the new century — 2015]. Proc. of the Fifteenth Int. Sci. Conf.: in 3 v. Khabarovsk, the Publishing House of TSEU, 2015, v. 2, pp. 352—357.
4. Ermilova N. Yu., Pozdnyaya L. V. [Bringing up an engineer. Ways of general and higher education integration]. *Materialy ezhegodnoi nauch.-tekhnich. konf. PPS i studentov VolgGASU*, 29—30 aprelya 2014 g., Volgograd: v 2 ch. [Proceedings of the Annual Sc.-Pr. Conference. Academic staff and students of VSUACE, 29—30 April, 2014, Volgograd, in 2 p.]. Volgograd, VSUACE Publ., 2014, p. I. Pp. 134—138.
5. Menzelintseva N. V., Ermilova N. Yu., Marinina O. N. [Value and role of competitions in drawing in the graphic education of pupils and students]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2016, no. 44(63), p. 2, pp. 189—199.
6. Vanshina E. A. *Ob"emnoe modelirovanie v prepodavanii grafo-geometricheskikh distsiplin v vuze* [3D modeling in graphic and geometrical discipline training in institutions of higher education]. URL: [http://conference.osu.ru/assets/files/conf\\_reports/conf9/435.doc](http://conference.osu.ru/assets/files/conf_reports/conf9/435.doc).
7. Mukhina M. L., Chernotalova K. L., Shirshova I. A. [Modern teaching methods undergraduate graphic disciplines]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no 4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20786>
8. Vol'khin K. A. (ed.). *Innovatsionnye tekhnologii v inzhenernoi grafike: problemy i perspektivy* [Innovative technologies in engineering graphics: problems and prospects]. Proc. of scientific works of the Int. Sci.-Pract. Conf., 27 March, 2015, Brest, the Republic of Belarus, Novosibirsk, the Russian Federation]. Novosibirsk, NSUACE (SIBSTRIN), 2015. 296 p.
9. Malakhovskaya V. V., Zavistovski V. E., Bazhenov V. N. [On teaching graphic subjects at machine building departments considering computer education technologies]. *Iskusstvo i kul'tura* [Art and Culture], no. 4(8), pp. 140—145.
10. Ermilova N. Yu., Bogdalova O. V. [The improvement of graphic discipline training technique]. *Aktual'nye problemy v stroitel'stve i arkhitekture. Obrazovanie. Nauka. Praktika* [Current problems of construction and architecture. Education. Science. Practice]. Proc. of the 66th All-Russian Sci. Tech. Conf. Part. I. Samara, SSUACE, 2009. Pp. 55—57.
11. Korchagina L. N. [Interactive forms and methods of increase in informative and creative activity of trainees when teaching engineering and computer graphics]. *Innovatsionnye pedagogicheskie tekhnologii* [Innovative pedagogical technologies]. Proc. of the IV Int. Sci. Conf., Kazan, May, 2016. Kazan, Buk Publ., 2016. Pp. 148—150.
12. Efremov G. V., Mal'tseva G. A., Sergeeva T. M. *Pedagogicheskie metody i informatsionnye tekhnologii prepodavaniya graficheskikh distsiplin* [Pedagogical methods and information technologies of graphic discipline teaching]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2010/papers/20/>
13. Sorokin D. V., Knapnugel' N. V., Mal'tseva G. A. *Organizatsiya uchebnogo protsessa pri prepodavanii graficheskikh distsiplin v tekhnicheskoy vuze* [Educational process management when teaching graphic disciplines in institutes of technology]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2015/papers/85/>
14. Moskaleva E. A., Sychev I. V., Zheleznyi S. V. [Some aspects of the improvement of engineering discipline training technique]. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist], 2015, no. 24, pp. 1001—1004.
15. Korolik T. K. *Sovershenstvovanie metodiki prepodavaniya inzhenerno-graficheskikh distsiplin* [The improvement of engineering and graphic discipline training technique]. URL: [http://ng.sibstrin.ru/brest\\_novosibirsk/2015/doc/039.pdf](http://ng.sibstrin.ru/brest_novosibirsk/2015/doc/039.pdf)
16. *Prepodavanie graficheskikh distsiplin v sovremennykh usloviyakh* [Teaching of graphic disciplines under modern conditions]. Collection of scientific works of the 43rd Interuniversity Sc.-Meth. Conf. (24 June, 2013), Tomsk, the Publishing House of Tomsk Polytechnical University, 2013. 144 p.
17. Slastenin V. A., Isaev I. F., Shiyanov E. N. *Pedagogika* [Pedagogics]. Moscow, "Akademiya" Publishing Center, 2002. 576 p.
18. Podlasyi I. P. *Pedagogika: 100 voprosov — 100 otvetov* [Pedagogics: 100 questions — 100 answers]. Moscow, VLADOS-pess, 2004. 365 p.

19. Voronov V. V., Zhuravlev V. I., Kraevskii V. V. *Pedagogika* [Pedagogics]. Moscow, Russian Pedagogical Society, 1998. 640 p.
20. Babaev D. B., Shaprova G. G. [Didactic principles for the formation of «Computer graphics» discipline for the students of technical universities]. *Nauka, novye tekhnologii i innovatsii Kyrgyzstana* [Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan], 2015, no. 7, pp. 112—114.
21. Ermilova N. Yu. [Principles of graphic training of engineering students]. *Nauka i obrazovanie: arkhitektura, gradostroitel'stvo i stroitel'stvo* [Science and education: architecture, town planning and construction]. Proc. of the Int. Conf. Devoted to the 60<sup>th</sup> Anniversary of the Formation of Institution of Higher Education, 18—19 September, Volgograd: in 2 parts. Volgograd, VSUACE Publ., 2012, p. II. Pp. 300—303.
22. Zelenovskaya N. V., Yaroshevich O. V. *Didakticheskie printsipy proektirovaniya integrirovannogo kursa inzhenernoi komp'yuterno grafiki* [Didactic principles of design of the integrated engineering computer graphic course]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2011/papers/37/>
23. Plyushch N. G. *Soderzhanie i didakticheskie printsipy prepodavaniya nachertatel'noi geometrii v sovremennykh usloviyakh* [Content and didactic principles of descriptive geometry training under modern conditions]. Diss. Cand. Ped. Sci. Moscow, 1998. 20 p.
24. Sergeeva I. A. [Experience creation and introduction of educational-methodical depository under the descriptive geometry and engineering graphics]. *Vestnik NGPU* [Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin], 2014, no. 2 (18), pp. 93—102. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1402.09>
25. Tel'noy V. I. [Use of didactic principle in the study of state standards ESKD and SPDS aware of engineering graphics]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2013, no. 3, pp. 255—262. DOI: 10.22227/1997-0935.2013.3.255-262
26. Tel'noy V. I., Rychkova A. V. [Ensuring the principle of visibility when examining graphic disciplines]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2015, no. 11, pp. 202—211. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.11.202-211
27. Serikov V. V. *Paradigma sovremennogo obrazovaniya: orientatsiya na lichnost'* [Paradigm of modern education: personality orientation]. URL: <http://rspu.edu.ru/university/publish/schools/2/1.html>

*For citation:*

Menzelintseva N. V., Ermilova N. Yu., Marinina O. N., Protsenko O. V. [The improvement of the technique of descriptive geometry teaching to students of architectural and construction specialties]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 583—594.

*About authors:*

**Menzelintseva Nadezhda Vasil'evna** — Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [menzelintseva\\_nv@mail.ru](mailto:menzelintseva_nv@mail.ru)

**Ermilova Natal'ya Yur'evna** — Candidate of Pedagogic Science, Docent, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [n.y.ermilova@yandex.ru](mailto:n.y.ermilova@yandex.ru)

**Marinina Ol'ga Nikolaevna** — Candidate of Engineering Science, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, [day.meednight@gmail.com](mailto:day.meednight@gmail.com)

**Protsenko Oksana Vladimirovna** — Senior Lecturer of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 004.451.9:378.091.26

**И. Е. Степанова**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ**

Излагаются важность внедрения в современный учебный процесс высшей школы контролирующих компьютерных программ и их преимущества перед устным контролем. Рассказывается о контролирующей компьютерной программе для студентов 1-го курса по начертательной геометрии.

**Ключевые слова:** тест, дисциплины графического профиля, процесс обучения, чертеж, масштаб, симметрия, проецирование, анализ, вид, геометрическая форма.

В период современного развития производства возникает необходимость подготовки высококвалифицированных кадров, в том числе и с техническим образованием. И предмет «Инженерная графика», который относится к графическим дисциплинам, является важным этапом в подготовке инженерных кадров. Будущему инженеру-строителю необходимо развивать пространственное воображение, которое способствует оптимальному и интенсивному развитию таких психических функций, как память, мышление, внимание, восприятие и является обязательным для успешного обучения. Пространственное воображение имеет особое значение для будущего инженера как средство чтения чертежей и схематических условных обозначений. Пространственное воображение как основа графической культуры дает человеку возможность прогнозировать, планировать и корректировать свои действия. Умение создавать в воображении образы объектов действительности и оперировать ими является характерной особенностью интеллекта человека, а развитие пространственного воображения в определенной мере может оказывать содействие его интеллектуальному развитию [1].

Начертательная геометрия, инженерная графика изучаются студентами на первом курсе. Для освоения этих дисциплин необходимо знание основ геометрии и черчения. В связи с этим вводится ряд требований к знаниям, умениям и навыкам студентов. Студент должен знать: основные понятия, наиболее важные теоремы, аксиомы, правила, формулы, выводы и соотношения геометрии; элементы тригонометрии; правила оформления и построения чертежей. Студент должен уметь: выполнять простейшие геометрические построения; представлять форму предметов и их взаимное положение в пространстве. Студент должен владеть: навыками использования измерительных и чертежных инструментов для выполнения построений на чертеже [2].

Результатом обучения в техническом вузе является приобретение обучающимися навыков «чтения» и выполнения чертежей, оформления проектно-конструкторской документации в соответствии с требованиями ГОСТ. Таким образом, выпускник технического вуза должен обладать общепрофессиональными компетенциями, а именно: владением основными законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей

плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений, конструкций, составления конструкторской документации и деталей [3].

С помощью графического языка можно мысленно создавать пространственные образы формы объектов и оперировать ими, отображать новые конструкторские, дизайнерские идеи, архитектурные замыслы, а также необходимые данные для их воплощения. Помимо всего прочего язык чертежа является межнациональным и не имеет международных границ. Его легко приспособить к современным компьютерным технологиям. Любая графическая информация значительно отличается от текстовой своей компактностью, наглядностью и конкретностью.

Особенностью изучения дисциплин графического профиля является работа не только с наглядными изображениями геометрических объектов, но и с их плоскими изображениями — проекциями. Обучающийся должен мысленно представлять образ предмета, опираясь на плоский чертеж. Для этого он должен быть знаком с основными геометрическими объектами, такими как точка, прямая, плоскость и различные поверхности.

Внедрение в учебный процесс в вузе современных технических средств, например таких, как контролирующие компьютерные программы, увеличивается с каждым годом. Потребность в постоянном текущем контроле с целью активизации учебной работы студентов, трудоемкость операций контроля, использование контроля как средства обратной связи и для решения других педагогических задач определили отношение к использованию контролирующих компьютерных программ.

Процесс контроля усвоения теоретического материала и оценивания качества знаний и навыков студентов является сложным элементом педагогической деятельности преподавателя, так как он призван решать не только образовательные, но и воспитательные задачи.

Преподаватель стремится к всесторонней проверке и точной оценке качества усвоения учебной информации студентами. Особенно важна текущая проверка для студентов младших курсов, которые находятся в самом трудном положении, так как переходят от ежедневного школьного контроля усвоения текущей учебной информации к семестровому, что отрицательно сказывается на режиме работы и учебных успехах первокурсников. Задача постоянного текущего контроля по теме, разделу, курсу может быть успешно решена только с применением контролирующих компьютерных программ в виде тестов разных уровней сложности.

Такой (компьютерный) контроль имеет свои преимущества:

1) объективность проверки (заранее установленные критерии оценки, одинаковые для всех студентов задания, отсутствие субъективного фактора отношения преподавателя к студенту);

2) экономия времени при опросе (можно проверить знания одновременно у нескольких студентов в зависимости от количества компьютеров в классе);

3) при неудовлетворительном результате тестирования возможность обратиться к справочному материалу по данной теме в этой же программе. После того, как студент изучит справочный материал и устранит пробелы в знаниях, он может вновь пройти тестирование до получения удовлетворительной оценки (или зачета) по данной теме. Причем преподаватель не



затрачивает дополнительного времени на повторное тестирование такого студента. Последний может выбрать для этого удобное для себя время независимо от преподавателя, так как компьютер ведет протокол всех действий студента, где записывается фамилия, дата и время тестирования, а также результат тестирования.

К недостаткам компьютерного контроля следует отнести:

1) нецелесообразность использования для достижения дидактических целей (умение связно объяснить решение той или иной задачи, умение выразить мысль в форме чертежа);

2) невозможность оценивать частично правильные ответы;

3) невозможность вмешиваться в процесс проверки.

Внедрение контролирующих программ в учебный процесс порождает комплекс специфических проблем, связанных с адаптацией студентов к новым условиям деятельности.

Под адаптацией понимается, в данном случае, явление временного снижения показателей успешности, а затем последующего его восстановления и стабилизации в процессе систематического компьютерного контроля [4].

Степень адаптации зависит от многих факторов, в том числе от уровня первоначальной успешности, пола, характеристики деятельности студентов, предшествующей обучению в вузе (школа — вуз, школа — производство — вуз) и, конечно, от наличия опыта работы на компьютере [4].

Особое внимание следует уделять подготовке контрольных вопросов. Вопрос должен:

содержать только одну задачу;

быть четко сформулирован и пониматься однозначно;

не содержать расшифровки ответа;

полностью соответствовать изученному материалу.

Считается, что истинная картина усвоения материала выявляется наиболее четко при необходимости выбора ответа из трех-пяти предложенных вариантов. При подборе ответов значительную роль играет их правдоподобность.

Для контроля по курсу «Инженерная графика» среди студентов первокурсников всех строительных специальностей разработаны тесты на основе компьютерного конструктора тестов easyQuizzy — программы для подготовки и проведения тестирования в учебных заведениях. Это простая и удобная программа для создания и редактирования тестов знаний. Каждый тест представляет собой независимую программу, которую достаточно скопировать на любой компьютер и запустить, чтобы начать тестирование.

Используя подготовленные тесты, можно облегчить работу преподавателей при проведении ежедневных быстрых опросов учеников и ускорить проверку результатов, так как выставление оценки происходит автоматически на основе системы оценивания, выбранной при создании теста (<http://easyquizzy.ru> (дата обращения: 15.11.2016)).

Тесты, применяемые на кафедре «Инженерная графика, стандартизация и метрология», включают в себя следующие темы:

1. Проекция точки.

2. Проекция прямой. Взаимное положение прямых.

3. Плоскость. Точка и прямая в плоскости. Взаимное положение плоскостей.

4. Методы преобразования чертежа.
5. Поверхности. Точка на поверхности. Сечения поверхности плоскостью.
6. Развертки поверхностей.
7. Взаимное пересечение поверхностей.
8. Аксонометрические проекции.
9. Проекция с числовыми отметками.

Система оценивания easyQuizzу строится на том, что все вопросы теста равнозначны по сложности и одинаково влияют на результирующую оценку; ответ на вопрос может быть либо полностью правильным, либо полностью неправильным.

Студенту предлагается ответить на 40 вопросов по всем темам, входящим в курс начертательной геометрии. После выбора правильных ответов на последний вопрос на экране появляется таблица, в которой указано, сколько верных и неверных ответов было дано на вопросы теста. Результат тестирования записывается в протокол, который автоматически ведет программа.

Тесты можно разбить на несколько блоков и проводить тестирование студентов, к примеру, в качестве отчета по 1-й семестровой работе «Исследование многогранника» или с целью проверки усвоения лекционного материала по отдельно взятому разделу, например, «Поверхности».

Концепция реформы российского образования имеет три основных направления: доступность, качество и эффективность образования. Все три направления непосредственно связаны с внедрением инновационных информационных технологий в образование ([http://superinf.ru/view\\_helpstud.php?id=3282](http://superinf.ru/view_helpstud.php?id=3282) (дата обращения: 15.11.2016)).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: материалы 2-й Международной науч.-практич. Интернет-конференции (Пермь, февраль — март 2011 г.). Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. 322 с.
2. Гузенков В. Н. Геометро-графическая подготовка в техническом университете // Российский научный журнал. 2013. № 6. С. 159—166.
3. Филисюк Н. В., Филисюк В. Г. Графические дисциплины — необходимая составляющая при формировании инженерного мышления специалиста направления «Автомобильные дороги» // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 1. С. 110—110.
4. Добро Л. Ф., Парфенова И. А. Использование компьютерных тестовых технологий для контроля качества обучения в вузе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 12. С. 108—109. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompyuternyh-testovyh-tehnologiy-dlya-kontrolya-kachestva-obucheniya-v-vuze>

© Степанова И. Е., 2017

Поступила в редакцию  
в январе 2017 г.

Ссылка для цитирования:

Степанова И. Е. Актуальные приемы использования компьютерного контроля в учебном процессе высшей школы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 595—599.

Об авторе:

**Степанова Ирина Евгеньевна** — доцент кафедры инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

**I. E. Stepanova**

## **CURRENT PROBLEMS OF THE USE OF COMPUTER CONTROL OVER EDUCATIONAL PROCESS IN INSTITUTIONS**

This article outlines the importance of the introduction of controlling computer programmes into modern educational process in institutions and their advantages over oral control. The article provides the information about controlling computer programme for first-year students in descriptive geometry speciality.

**Key words:** test, graphic profile subjects, educational process, drawing, scale, symmetry, projection, analysis, view, geometric shape.

### **REFERENCES**

1. *Problemy kachestva graficheskoi podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzakh FGOS VPO* [Problems of the quality of graphic training of students in institutes of technology under conditions of FSEI HPE]. Proc. of the 2nd Int. Sc.-Pr. Internet Conferences (Perm, February — March, 2011). Perm, the Publishing House of PSTU, 2011. 322 p.
2. Guzenkov V. N. [Geometric-Graphic Preparation of the Technical University]. *Rossiiskii nauchnyi zhurnal* [Russian Scientific Journal], 2013, no. 6, pp. 159—166.
3. Filisyuk N. V., Filisyuk V. G. [Graphic disciplines — an essential component when forming engineering thinking of a specialist of “Highways” discipline]. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education], 2013, no. 1, pp. 110—110.
4. Dobro L. F., Parfenova I. A. [Use of computer test technologies for quality control over training in institutions of higher education]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Researches], 2010, no. 12, pp. 108—109. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kompyuternykh-testovykh-tehnologiy-dlya-kontrolya-kachestva-obucheniya-v-vuze>

*For citation:*

Stepanova I. E. [Current problems of the use of computer control over educational process in institutions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 47(66), pp. 595—599.

*About author:*

**Stepanova Irina Evgen'evna** — Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

## ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Редакция журнала приносит читателям извинения за публикацию в Вып. 46(65) за 2016 г. недобросовестной статьи Приходченко А.В. «Концептуальный подход к решению проблемы утилизации дренажного стока оросительных систем аридной зоны», а также сообщает, что статья была отозвана из национальной библиографической базы данных РИНЦ и удалена с веб-сайта научной библиотеки E-library.

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета» **включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.**

Библиографические сведения о публикациях в журнале, пристатейные списки литературы и полные тексты статей представлены в **Российском индексе научного цитирования (РИНЦ)** на сайте Научной электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).

«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура» входит в базу данных **Ulrich's Periodicals Directory** американского издательства Bowker, являющуюся самой крупной базой, описывающей мировой поток сериальных (периодических и продолжающихся) изданий. Активно используется научными учреждениями для анализа мирового потока сериальных изданий.

Серия включена в базу данных **DOAJ — Directory of Open Access Journals** (Директория журналов открытого доступа) научной библиотеки университета г. Лунд (Швеция), [www.doaj.org](http://www.doaj.org), обеспечивающую открытый доступ к полнотекстовым материалам научных и академических журналов на различных языках, поддерживающих систему контроля качества публикуемых статей.

**Требования к оформлению статей и сопроводительных материалов.** Статью необходимо представить на электронном носителе и в распечатанном виде (2 экз.) в сопровождении заполненного автором *лицензионного договора* (2 экз.) (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/ld-blank.pdf>), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу <http://www.vgasu.ru/attachments/pdsog.pdf>), *выписки из протокола* заседания кафедры и одной *рецензии*. К статьям прилагается экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати. Все сопроводительные документы представляются на бумажных носителях в оригинале.

В *отдельном файле помещаются сведения об авторах* на русском и английском языках, а также кириллицей и латиницей в полном соответствии с данными в заполненном бланке *анкеты* (см. выше): фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы; наименование и код научной специальности (по Номенклатуре), по которой автор проводит диссертационное исследование; почтовый адрес, телефон и адрес электронной почты.

В статье приводятся: *индекс УДК*; на *русском и английском языках: фамилия и инициалы автора, заглавие, аннотация* (на русском языке до 500 знаков, на английском — от 500 знаков до целой страницы), *ключевые слова*. Текст статьи заверяется личной подписью автора (соавторов).

Объем статьи — от 10 с. установленного формата «Вестника» (см. ниже), включая название, аннотации, ключевые слова, текст, таблицы, рисунки, библиографический список. Последняя страница считается полной независимо от фактического заполнения.

Оригинал статьи должен быть набран с помощью пакета программ *Microsoft Office (Word 2003)*; шрифт *основного текста* — Times New Roman (Сур) № 11 (11 пунктов). Параметры страницы — поля, см: верхнее — 3,7; нижнее — 4,5; левое — 2,0; правое — 6,0; переплет — 0, поля зеркальные. Расстояние от края до верхнего колонтитула, см — 3,0, от края до нижнего колонтитула — 3,7. Абзацный отступ равен 0,75 см. Межстрочный интервал одинарный. Автоматически устанавливаются переносы (не более 4 подряд в одном абзаце). Автоматически устанавливается запрет висячих строк.

Для *набора формул* используется редактор формул *Microsoft MathType 5*; по умолчанию устанавливаются размеры шрифта для одно- и двухстрочных формул: обычного — 11 пт, крупного и мелкого индекса — соответственно 8 и 6 пунктов, крупного и мелкого символа — соответственно 16 и 11 пунктов. Греческие и русские буквы набираются прямым шрифтом, латинские — курсивом. Если написание в формулах отличается от традиционного, автор должен сделать соответствующие пометки на полях распечатанной статьи, при этом греческие буквы обводятся красным карандашом, готические — синим. Формулы выключаются в левый край с абзацным отступом. Запись формулы выполняется автором с использованием всех возможных способов упрощения и не должна содержать промежуточные преобразования.

*Векторные рисунки*, сохраненные в формате WMF, *растровые* — в TIF или BMP; *графики и диаграммы*, построенные в *Microsoft Excel*, а также *рисунки*, созданные в *Corel Draw 12* или *AutoCAD 2006* и сохраненные в оригинальном формате, дополнительно помещаются на электронный носитель отдельными файлами. Имя файла должно соответствовать наименованию или номеру рисунка в тексте статьи. Кроме того, *иллюстрации* обязательно присылаются распечатанными на отдельных листах формата A4 в масштабе 1:1, в пригодном для сканирования виде. Размер шрифта текста в рисунках — 9–10 пт. *Подписи к рисункам* выполняются непосредственно в тексте статьи шрифтом Times № 10 (10 пт), экспликация в подрисуночной подписи — Times № 9 (9 пт). Для сжатия больших файлов использовать архиваторы *Arj* и *WinZip*, *WinRAR*.

Цветные и черно-белые фотографии присылать в оригинальном виде с подписями на обороте. Цифровые фотографии выполнять с разрешением не менее 300...600 dpi, присылать в электронном виде в любом графическом формате, кроме .jpg.

Текст *таблиц* набирается шрифтом Times New Roman (Сур) № 10 (10 пунктов).

Пристатейные *библиографические списки* размещаются после основного текста статьи.

В библиографическом списке приводится только цитируемая в статье литература. Библиографический список должен состоять не менее чем из 15 статей в научных журналах, из них 8 — иностранные. Источники группируются в списке в порядке упоминания в тексте. Ссылки на источники приводятся в тексте в квадратных скобках (запрещается использовать ссылки-сноски для указания источников). В библиографическую запись включаются только основные элементы библиографического описания (ГОСТ 7.0.5–2008). Разделительные знаки «тире» между областями опускаются. Шрифт Times New Roman (Сур) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников.

*Библиографический список* приводится *дважды*. Во втором варианте все русскоязычные библиографические записи приводятся *в переводе на английский язык*, записи на других языках просто повторяются.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, нанесенный публикацией статьи. Редакция исходит из того, что, *в соответствии с законодательством в части авторского права, автор, направляя статью в редакцию, полностью соглашается с условиями редакции и, следовательно, только сам лично несет ответственность за использование в тексте статьи материалов третьих лиц и соблюдение их авторских прав*. Все права автора и вся полнота его ответственности сохраняются и после публикации статьи в журнале.

Статьи проверяются на оригинальность с помощью системы «Антиплагиат». Требуемая оригинальность — не менее 80 %.

*Порядок рецензирования*. Статьи обсуждаются редколлегией, рецензии, поступившие в сопроводительных материалах, учитываются. Статьи могут быть направлены редакцией на дополнительную внутреннюю или внешнюю экспертизу (рецензирование) и опубликованы только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору.

Статьи, не отвечающие изложенным требованиям, редколлегией не принимаются. Материалы, не принятые к опубликованию, авторам не высылаются.

Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения текста. Корректур статей авторам не предоставляется. Согласование редакционных и авторских изменений текста статьи (переписка, тел. переговоры) производится за счет автора.

**Гонорар за опубликование статьи не выплачивается, плата за публикацию статей с аспирантов не взимается.**

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОГО НОМЕРА ЗАВЕРШАЕТСЯ ЗА 3 МЕСЯЦА ДО ПЛАНИРУЕМОГО ВЫХОДА В СВЕТ.

*Примерный график выпуска серии «Строительство и архитектура» — март (прием статей до 1 декабря); июнь (прием статей до 1 марта); сентябрь (прием статей до 1 июня); декабрь (прием статей до 1 сентября).*

#### **Тематические рубрики**

Строительные конструкции, здания и сооружения. Основания, фундаменты, подземные сооружения. Строительная механика. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. Строительные материалы и изделия. Гидротехническое строительство. Гидравлика и инженерная гидрология. Технология и организация строительства. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда в строительстве. Инновации в строительном производстве, интенсификация, энергосбережение и энергоэффективность. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. Градостроительство. Теория развития города. Управление инвестиционно-градоостроительной деятельностью. Экологические проблемы градостроительства. Информационные технологии в строительстве и архитектуре. Научно-методический раздел. Организация высшего образования в области строительства и архитектуры. Методика преподавания дисциплин строительного и архитектурного направлений в вузе. Хроника.

Подробная информация о журнале представлена на сайте ВолгГАСУ [www.vgasu.ru](http://www.vgasu.ru), в разделе *Наука / Научные журналы / Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета* (сразу после подписания выпуска в печать на сайте публикуются титул и содержание; через месяц со дня выхода очередного номера из печати на сайте размещается его полнотекстовый файл).

**Статьи направлять по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. Б-314а. (8442)-96-98-46. E-mail: vorobiov\_51\_vi@list.ru** (ответственный секретарь журнала Владимир Иванович Воробьев).

Уточнить условия публикации статей и приобретения очередного номера журнала можно по тел. (8442)-96-98-46 у ответственного секретаря редсовета журнала Владимира Ивановича Воробьева.

**За консультацией по вопросам подготовки авторского оригинала статьи к печати обращаться по адресу: 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, ком. В-210, редакционно-издательский отдел ВолгГАСУ. Тел. (8442)-96-98-28. E-mail: [mariapes@mail.ru](mailto:mariapes@mail.ru).**

**Вниманию читателей и авторов!**  
**«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»**  
временно выходит в одной серии  
**«СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА» (4 выпуска в год).**  
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» **85343,**  
на Интернет-сайте агентства «Книга-Сервис» — **E85343**  
(по электронному каталогу можно подписаться и на текущие номера).

По вопросу приобретения ранее вышедших номеров журнала  
обращаться по тел. 8-(844-2)-96-98-65 к отв. секретарю редсовета *С. А. Калиновскому*

---

Продолжается прием статей в очередные выпуски  
электронного сетевого научно-технического журнала **«ИНТЕРНЕТ-ВЕСТНИК ВолгГАСУ»**.  
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**  
**17.11.06**, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, перерегистрирован ФГУП НТИЦ «Информре-  
гистр», свидетельство № **594 от 20.10.11**, включен в базу РИНЦ ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).  
Подробная информация на сайте журнала [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru)

---

«Интернет-вестник ВолгГАСУ» не является электронной версией печатного журнала.  
Оба журнала содержат оригинальные публикации.

---

По вопросам публикации статей в научно-теоретическом журнале  
**«СОЦИОЛОГИЯ ГОРОДА»**  
обращаться к гл. редактору Б.А. Навроцкому по тел. 8-8442-96-99-25.  
Подписаться на журнал можно по каталогу «Пресса России», подписной индекс **29507**  
и по Интернет-каталогу на сайте агентства «Книга-Сервис», подписной индекс **E 29507**.  
*Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации,*  
*в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций*  
*на соискание ученой степени доктора и кандидата наук,*  
**утвержденный ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.**  
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, свидетельство Эл № **ФС77-26286 от**  
**17.11.06**, Международным центром ISSN, **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).  
Подробная информация о журнале на сайте ВолгГАСУ по адресу: [www.vgasu.ru](http://www.vgasu.ru)  
в разделе Наука / Научные журналы.

Научное издание

**ВЕСТНИК  
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

**Серия: Строительство и архитектура  
2017. Вып. 47(66)**

Редакторы *О. А. Шипунова, М. Л. Песчаная*  
Перевод на английский язык *О. Ю. Юшко*  
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*  
Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*

Подписано в печать 30.03.2017. Формат 70×108/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Уч.-изд. л. 22,4. Усл. печ. л. 52,5. Тираж 500 экз. Заказ № 63

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
Редакционно-издательский отдел  
Отдел оперативной полиграфии  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1