Министерство образования и науки Российской Федерации

ВЕСТНИК ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Строительство и архитектура

Вып. 2(79) Научно-теоретический и производственно-практический журнал **2020**

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 ВолгГТУ

С о д е р ж а н и е

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

Гуреева Н. А., Николаев А. П., Юшкин В. Н. Упругое деформирование твердого тела на основе различных вариантов конечно-элементных формулировок 5

Игнатьев А. В., Игнатьев В. А., Онищенко Е. В., Скрылёв Г. В. Исследование устойчивости и закритического поведения фермы Мизеса по методу конечных элементов в форме классического смешанного метода 14

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

Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Альшанова М. И. Влияние ровности дорожного покрытия на себестоимость перевозок и безопасность движения 24

Девятов М. М., Олейников П. П. Формирование архитектурных доминантных акцентов визуально-ориентирующего и патриотического характера в обустройстве автомобильных дорог 32

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Кузнецова О. Н., Тимофеев А. Г., Федулова Е. В., Шавырина В. А., Шульженко А. А., Абдусаламов Ш. Ш. Использование в дорожно-строительной индустрии нефте- и гальваноотходов 47

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Сахарова А. А., Ничипорова А. Р., Сизова А. А., Геращенко А. А., Потоловский Р. В. Сбор, очистка и возможность повторного использования ливневых сточных вод 54

Семёнова Е. А., Бондаренко В. Л., Хецуриани Е. Д., Штавдакер М. И. Методологические основы развития специализированного типа природно-технических систем использования водных ресурсов 63

Сиволобова Н. О., Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Тельнов В. С., Бажутова М. А. Электрохимическая обработка воды с целью подавления развития микробиологического загрязнения в технических водных системах 74

Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л., Комлев Е. В., Хецуриани Т. Е. Природно-технические системы многоцелевого водоснабжения городского хозяйства 87

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Шевяков В. В. Разработка и исследование конструкции рациональной малогабаритной бытовой печи 96

ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Весова Л. М. Влияние армирующих волокон на структуру ячеистого бетона 107

Поляков В. Г., Чебанова С. А., Антонов А. Д. Организационно-технологические проблемы при строительстве в стесненных городских условиях 113

Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В. Мобильная распылительная система на базе грузоподъемного транспортного средства 119

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сенченко В. А., Пушенко С. Л., Стасева Е. В., Каверзнева Т. Т., Румянцева Н. В. Научно-методические основы проведения дистанционного обучения и проверки знаний по безопасности труда в строительстве 126

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Азаров В. Н., Азаров А. В., Мензелинцева Н. В., Статюха И. М. Исследование процесса накопления твердых коммунальных отходов и установление нормативов их накопления на примере Республики Дагестан 138

Маринина О. Н., Ермилова Н. Ю., Карапузова Н. Ю., Маринина Е. А. Повышение эффективности улавливания фтористого водорода выбросов производств строительной индустрии 145

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Олейников П. П. Архитектурное наследие «Шлыкова местечка» Царицына 154

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Иванова Н. В., Дергилев В. Я., Строганов А. А. Проектирование доступной среды в общественных пространствах храмов Волгограда 176

Макаров А. В., Павлова М. А., Дегтярева Л. Е. Организация общественного пространства в подземных переходах города Волгограда 186

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Антюфеев А. В., Числова И. Ю. Функционально-планировочные аспекты реновации депрессивных промышленных территорий в приречных зонах городов 194

Васечкин Е. А., Антюфеев А. В. Архитектурно-градостроительные особенности транспортно-пересадочных узлов в городах с линейной планировочной структурой 203

Дикарева Е. А., Сорокин А. М. Применение инновационных технологий при ландшафтно-экологической реконструкции нарушенных территорий (на примере города Волгограда) 215

Сидоренко В. Ф., Кузнецов Г. С. Разработка метода оценки влияния точечной застройки на изменение градоэкологической ситуации 224

Прокопенко В. В., Ганжа О. А., Растяпина О. А. Формирование экологических поселений на территории Волгоградской области 233

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Меренцов Н. А., Голованчиков А. Б., Балашов В. А., Лебедев В. Н., Персидский А. В. Оценка интенсивности развития турбулизации в тепломассообменных насадочных контактных устройствах для селективной очистки газовых выбросов и испарительного охлаждения промышленной оборотной воды 245

УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Шевченко Л. П., Мельникова О. И. Учет региональных особенностей Азово-Черноморского побережья при организации сети конгрессно-образовательных объектов 255

От редколлегии 264

Content

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS. BASEMENTS, FOUNDATIONS. UNDERGROUND STRUCTURES

Gureeva N. A., Nikolaev A. P., Yushkin V. N. Elastic deformation of a solid based on various variants of finite element formulations 5

Ignatyev A. V., Ignatyev V. A., Onishchenko E. V., Skrylev G. V. Investigation of the stability and supercritical behavior of the Mises truss using the finite element method in the form of the classical mixed method 14

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

Aleksikov S. V., Leskin A. I., Gofman D. I., Alshanova M. I. The influence of road surface evenness on the cost of transportation and traffic safety 24

Devyatov M. M., Oleinikov P. P. Formation of architectural dominant accents of visual-orienting and patriotic character in the development of automobile roads 32

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Kuznetsova O. N., Timofeev A. G., Fedulova E. V., Shavyrina V. A., Shulzhenko A. A., Abdusalamov Sh. Sh. Use in road construction industry of oil and galvanic wastes 47

WATER SUPPLY, SEWERAGE, CONSTRUCTIONS FOR WATER RESOURCES PROTECTION

Sakharova A. A., Nichiporova A. R., Sizova A. A., Gerashchenko A. A., Potolovskii R. V. Collection, cleaning and possibility of re-use of shower strain water 54

Semenova E. A., Bondarenko V. L., Khetsuriani E. D., Stavdaker M. I. Methodological basis for the development of a class of natural and technical systems for the use of water resources 63

Sivolobova N. O., Gracheva N. V., Zheltobryuhov V. F., Tel'nov V. S., Bazhutova M. A. Electrochemical water treatment for the purpose of suppressing the development of microbiological contamination in technical water systems 74

Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Komlev E. V., Khetsuriani T. E. Natural and technical systems of multi-purpose in-supply of industrial and populated locality 87

HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND ILLUMINATION

Shevyakov V. V. Development and research of the design of a rational small-sized household oven 96

TECHNOLOGIES AND CONTROL IN CONSTRUCTION

Vesova L. M. Reinforcing fiber effect on the cellular concrete structure 107

Polyakov V. G., Chebanova S. A., Antonov A. D. Organizational and technological problems in construction in cramped urban conditions 113

Fomenko N. A., Burlachenko O. V. Mobile spray system based on a load-lifting vehicle 119

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

Senchenko V. A., Pushenko S. L., Staseva E. V., Kaverzneva T. T., Rumyantseva N. V. Scientific and methodological basis for remote training and testing of knowledge on labor safety in construction 126

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING

Azarov V. N., Azarov A. V., Menzelintseva N. V., Statyukha I. M. Research of the process of storage of solid communal waste and setting of the standards for their storage on the example of the Republic of Dagestan 138

Marinina O. N., Ermilova N. Yu., Karapuzova N. Yu., Marinina E. A. Research of hydrogen fluoride sorption under dynamic conditions by a developed filtering material 145

THEORY AND HISTORY OF ARCHITECTURE, RESTORATION AND RECONSTRUCTION OF HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE

Oleinikov P. P. Architectural heritage "Shlykov place" of Tsaritsyn 154

GENERAL ARCHITECTURE

Ivanova N. V., Dergilev V. Ya., Stroganov A. A. Design of accessible environment in public spaces of Volgograd churches 176

Makarov A. V., Pavlova M. A., Degtyareva L. E. Organization of public space in underground passages of the city of Volgograd 186

URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT

Antyufeev A. V., Chislova I. Yu. Functional planning aspects of renovation of depressive industrial territories in river zones of cities 194
Vasechkin E. A., Antyufeev A. V. Architectural and urban planning features of transport hubs in cities with a linear planning structure 203
Dikareva E. A. Sorokin A. M. Application of innovative technologies at landscape-ecological reconstruction of violated territories (on the example of the city of Volgograd) 215
Sidorenko V. F., Kuznetsov G. S. Development of a method for assessing the impact of point development on changes in the urban ecological situation 224
Prokopenko V. V., Ganzha O. A., Rastyapina O. A. Formation of ecological settlements on the territory of the Volgograd region 233

INNOVATIONS IN CONSTRUCTION, INTENSIFICATION, ENERGY SAVING AND ENERGY PERFORMANCE

Merentsov N. A., Golovanchikov A. B., Balashov V. A., Lebedev V. N., Persidskiy A. V. Assessment of the development of turbulization in heat and mass transfer packing contact devices for the selective purification of gas emissions and evaporative cooling of industrial circulating water 245

CONTROL OF INVESTMENT URBAN PLANNING ACTIVITY

Shevchenko L. P., Melnikova O. I. Regional features consideration of the azov-black seaside to create the chain of congress and educational objects 255

From Editorial Team 264

УДК 539.3

Н. А. Гуреева[а], А. П. Николаев[б], В. Н. Юшкин[б]

[а] Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
[б] Волгоградский государственный аграрный университет

УПРУГОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ ФОРМУЛИРОВОК

В декартовой системе координат в расчетах прочности деформируемых тел выполнен сравнительный анализ использования шестигранного конечного элемента в двух формулировках: в формулировке метода перемещений и в смешанной формулировке. В первом варианте в качестве узловых неизвестных шестигранника использованы перемещения и их первые производные, во втором варианте узловыми неизвестными приняты напряжения и перемещения. При получении матрицы жесткости конечного элемента в формулировке метода перемещений использованы аппроксимирующие функции в виде произведений полиномов Эрмита третьей степени, матрица жесткости формировалась на основе функционала Лагранжа. Для получения матрицы деформирования шестигранного конечного элемента в смешанной формулировке использованы трилинейные аппроксимирующие функции, а матрица деформирования формировалась на основе функционала, полученного из условия равенства действительных работ внешних и внутренних сил с заменой действительной работы внутренних сил разностью полной и дополнительной работы. На примере расчета показано существенное преимущество использования конечного элемента в смешанной формулировке.

Ключевые слова: шестигранный элемент, метод перемещений, смешанный метод, метод конечных элементов, функционалы.

Теория деформирования нагруженного твердого тела в настоящее время разработана достаточно полно [1—5]. Из-за сложности уравнений аналитические решения оказываются возможными только в некоторых частных случаях, далеких от инженерной практики. Для получения результатов расчетов при определении напряженно-деформированного состояния (НДС) практических инженерных конструкций необходимо использование численных методов. Среди численных методов широкое распространение получил метод конечных элементов в формулировке метода перемещений [6—13]. К существенным недостаткам этого метода относится отсутствие непрерывности производных на контурах и гранях конечных элементов при сохранении непрерывности в узловых точках. Использование конечных элементов в смешанной формулировке [14—16] приводит к выполнению условий непрерывности напряжений и деформаций не только в узловых точках, но и на контурах и гранях конечных элементов.

В настоящей работе проведен сравнительный анализ использования объемных конечных элементов в формулировке метода перемещений и в смешанной формулировке при определении НДС упругих твердых тел в декартовой системе координат.

1. Соотношения теории упругости. При упругом деформировании твердого тела, нагруженного заданной нагрузкой, деформации и перемещения связаны соотношениями Коши [1]:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x};\ \varepsilon_{yy} = \frac{\partial v}{\partial y};\ \varepsilon_{zz} = \frac{\partial w}{\partial z};$$
$$2\varepsilon_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x};\ 2\varepsilon_{xz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}; \tag{1.1}$$
$$2\varepsilon_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y},$$

где $\varepsilon_{xx}, \ldots, 2\varepsilon_{yz}$ — компоненты тензора деформаций в произвольной точке тела; u, v, w — компоненты вектора перемещения вдоль координатных осей Ox, Oy, Oz соответственно.

Соотношения (1.1) записываются в матричном виде:

$$\underset{6\times1}{\{\varepsilon\}} = \underset{6\times3}{[L]}\underset{3\times1}{\{S\}}, \tag{1.2}$$

где $\underset{1\times6}{\{\varepsilon\}^T} = \{\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}, 2\varepsilon_{xy}, 2\varepsilon_{xz}, 2\varepsilon_{yz}\}$ — строка компонент тензора деформаций; $\underset{1\times3}{\{S\}^T} = \{u, v, w\}$ — строка компонент вектора перемещения; $\underset{6\times3}{[L]}$ — матрица дифференциальных операторов.

В пределах упругости зависимости компонент тензора деформаций от компонент тензора напряжений записываются в матричном виде:

$$\underset{6\times1}{\{\varepsilon\}} = \underset{6\times6}{[C]}\underset{6\times1}{\{\sigma\}}, \tag{1.3}$$

где $\underset{1\times6}{\{\sigma\}^T} = \{\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}\}$ — строка компонент тензора напряжений в точке; $\underset{6\times6}{[C]}$ — матрица упругости.

2. Шестигранный конечный элемент. В декартовой системе координат $Oxyz$ выбирается шестигранный восьмиузловой конечный элемент с узлами i, j, k, l — на нижней грани и m, n, p, h — на верхней грани. Для выполнения численного интегрирования по объему элемента он отображается на локальный куб в системе координат ξ, η, ζ, которые изменяются от –1 до 1. Глобальные координаты внутренней точки шестигранника определяются через их узловые значения с использованием трилинейных функций:

$$\lambda = \underset{1\times8}{\{\varphi(\xi, \eta, \zeta)\}^T}\underset{8\times1}{\{\lambda_y\}}, \tag{2.1}$$

где λ означает каждую из координат x, y, z; $\{\varphi(\xi, \eta, \zeta)\}^T$ — строка функций формы; $\underset{1\times8}{\{\lambda_y\}^T}$ — строка узловых значений координаты λ.

Производные глобальных координат в локальной системе $x_{,\xi}, x_{,\eta}, x_{,\zeta}, y_{,\xi}, y_{,\eta}, y_{,\zeta}, z_{,\xi}, z_{,\eta}, z_{,\zeta}$ и локальных координат в глобальной системе $\xi_{,x}, \xi_{,y}, \xi_{,z}, \eta_{,x}, \eta_{,y}, \eta_{,z}, \zeta_{,x}, \zeta_{,y}, \zeta_{,z}$ определяются дифференцированием (2.1).

2.1. Матрица жесткости шестигранного конечного элемента в формулировке метода перемещений. Узловые неизвестные такого элемента в локальной и глобальной системах координат представляются матрицами-строками:

$$\begin{aligned}
&\underset{1\times 32}{\left\{\lambda_y^{л}\right\}^T} = \left\{\lambda^i, \lambda^j, \lambda^k, \lambda^l, \lambda^m, \lambda^n, \lambda^p, \lambda^h,\right.\\
&\left.\lambda_{,\xi}^i, ..., \lambda_{,\xi}^h, \lambda_{,\eta}^i, ..., \lambda_{,\eta}^h, \lambda_{,\zeta}^i, ..., \lambda_{,\zeta}^h\right\};\\
&\underset{1\times 32}{\left\{\lambda_y^{г}\right\}^T} = \left\{\lambda^i, \lambda^j, \lambda^k, \lambda^l, \lambda^m, \lambda^n, \lambda^p, \lambda^h,\right.\\
&\left.\lambda_{,x}^i, ..., \lambda_{,x}^h, \lambda_{,y}^i, ..., \lambda_{,y}^h, \lambda_{,z}^i, ..., \lambda_{,z}^h\right\},
\end{aligned} \tag{2.2}$$

где под символом λ понимаются перемещения u, v, w.

Между узловыми векторами (2.2) имеет место матричная зависимость:

$$\underset{32\times 1}{\left\{\lambda_y^{л}\right\}} = \underset{32\times 32}{\left[T\right]} \underset{32\times 1}{\left\{\lambda_y^{г}\right\}}, \tag{2.3}$$

где $\underset{32\times 32}{\left[T\right]}$ — матрица, ненулевые элементы которой являются производными координат узлов элемента в локальной системе координат ξ, η, ζ на основе выражений:

$$\begin{aligned}
&\lambda_{,\xi}^{\omega} = \lambda_{,x}^{\omega} x_{,\xi}^{\omega} + \lambda_{,y}^{\omega} y_{,\xi}^{\omega} + \lambda_{,z}^{\omega} z_{,\xi}^{\omega};\\
&\lambda_{,\eta}^{\omega} = \lambda_{,x}^{\omega} x_{,\eta}^{\omega} + \lambda_{,y}^{\omega} y_{,\eta}^{\omega} + \lambda_{,z}^{\omega} z_{,\eta}^{\omega};\\
&\lambda_{,\zeta}^{\omega} = \lambda_{,x}^{\omega} x_{,\zeta}^{\omega} + \lambda_{,y}^{\omega} y_{,\zeta}^{\omega} + \lambda_{,z}^{\omega} z_{,\zeta}^{\omega}; \quad \omega = i,\ j, k, l, m, n,\ p, h.
\end{aligned} \tag{2.4}$$

Перемещения внутренней точки конечного элемента аппроксимируются через узловые неизвестные выражениями:

$$\lambda = \underset{1\times 32}{\left\{\psi\left(\xi, \eta, \zeta\right)\right\}^T} \underset{32\times 1}{\left\{\lambda_y^{л}\right\}}, \tag{2.5}$$

где $\underset{1\times 32}{\left\{\psi\right\}^T}$ — строка аппроксимирующих функций, содержащих полиномы Эрмита третьей степени; λ — символ, означающий перемещения u, v, w.

На основе (2.5) можно сформировать матричное аппроксимирующее выражение:

$$\underset{3\times 1}{\left\{S\right\}} = \underset{3\times 96}{\left[A\right]} \underset{96\times 1}{\left\{S_y^{л}\right\}}, \tag{2.6}$$

где $\underset{1\times 3}{\left\{S\right\}^T} = \left\{u, v, w\right\}$ — строка перемещений внутренней точки конечного элемента; $\underset{1\times 96}{\left\{S_y^{л}\right\}^T} = \left\{\underset{1\times 32}{\left\{u_y\right\}^T} \underset{1\times 32}{\left\{v_y\right\}^T} \underset{1\times 32}{\left\{w_y\right\}^T}\right\}$ — строка узловых неизвестных конечного элемента в локальной системе координат ξ, η, ζ.

При использовании (2.6) выражение для деформации (1.2) запишется в виде:

$$\underset{6\times1}{\{\varepsilon\}} = \underset{6\times3}{[L]}\underset{3\times96}{[A]}\underset{96\times1}{\{S_y^{л}\}} = \underset{6\times96}{[B]}\underset{96\times1}{\{S_y^{л}\}}, \tag{2.7}$$

где дифференцирование перемещений u, v, w осуществлялось по формулам:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial\lambda}{\partial x} &= \left[\underset{1\times32}{\{\psi_{,\xi}\}^T}\xi_{,x} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\eta}\}^T}\eta_{,x} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\zeta}\}^T}\zeta_{,x}\right]\underset{32\times1}{\{\lambda_y\}};\\
\frac{\partial\lambda}{\partial y} &= \left[\underset{1\times32}{\{\psi_{,\xi}\}^T}\xi_{,y} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\eta}\}^T}\eta_{,y} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\zeta}\}^T}\zeta_{,y}\right]\underset{32\times1}{\{\lambda_y\}};\\
\frac{\partial\lambda}{\partial z} &= \left[\underset{1\times32}{\{\psi_{,\xi}\}^T}\xi_{,z} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\eta}\}^T}\eta_{,z} + \underset{1\times32}{\{\psi_{,\zeta}\}^T}\zeta_{,z}\right]\underset{32\times1}{\{\lambda_y\}}.
\end{aligned} \tag{2.8}$$

Для формирования матрицы жесткости конечного элемента используется функционал Лагранжа, выражающий равенство действительных работ внешних и внутренних сил при нагружении твердого тела:

$$\Pi_L = \frac{1}{2}\int_V \underset{1\times6}{\{\sigma\}^T}\underset{6\times1}{\{\varepsilon\}}dV - \frac{1}{2}\int_F \underset{1\times3}{\{S\}^T}\underset{3\times1}{\{q\}}dF\,, \tag{2.9}$$

где V — объем конечного элемента; F — площадь граней конечного элемента; $\underset{3\times1}{\{q\}}$ — столбец внешних сил на гранях элемента.

При использовании (2.6), (2.7) и (1.3) функционал (2.9) преобразуется к виду:

$$\Pi_L = \frac{1}{2}\underset{1\times96}{\{S_y^{л}\}^T}\int_V \underset{96\times6}{[B]^T}\underset{6\times6}{[C]}\underset{6\times96}{[B]}dV\underset{96\times1}{\{S_y^{л}\}} - \frac{1}{2}\underset{1\times96}{\{S_y^{л}\}^T}\int_F \underset{96\times3}{[A]^T}\underset{3\times1}{\{q\}}dF\,. \tag{2.10}$$

Производные от перемещений внутренней точки конечного элемента в локальной системе координат определяются через производные в глобальной системе соотношениями:

$$\begin{aligned}
\lambda_{,\xi} &= \lambda_{,x}x_{,\xi} + \lambda_{,y}z_{,\xi} + \lambda_{,z}z_{,\xi};\\
\lambda_{,\eta} &= \lambda_{,x}x_{,\eta} + \lambda_{,y}z_{,\eta} + \lambda_{,z}z_{,\eta};\\
\lambda_{,\zeta} &= \lambda_{,x}x_{,\zeta} + \lambda_{,y}z_{,\zeta} + \lambda_{,z}z_{,\zeta}.
\end{aligned} \tag{2.11}$$

На основании (2.4) выполняется преобразование в (2.10) вектора узловых неизвестных в локальной системе через вектор узловых неизвестных в декартовой системе в матричном виде:

$$\underset{96\times1}{\{S_y^{л}\}} = \underset{96\times96}{[T_1]}\underset{96\times1}{\{S_y^{г}\}}. \tag{2.12}$$

После минимизации функционала (2.10) по узловым неизвестным $\underset{1\times 96}{\left\{S_y^{\text{г}}\right\}^T}$ получается матрица жесткости конечного элемента:

$$\underset{96\times 96}{\left[K_1\right]}\underset{96\times 1}{\left\{S_y^{\text{г}}\right\}}=\underset{96\times 1}{\left\{f_y\right\}}, \tag{2.13}$$

где $\underset{96\times 96}{\left[K_1\right]}=\underset{96\times 96}{\left[T_1\right]^T}\int\limits_V \underset{96\times 6}{\left[B\right]^T}\underset{6\times 6}{\left[C\right]}\underset{6\times 96}{\left[B\right]}dV\underset{96\times 96}{\left[T_1\right]}$ — матрица жесткости конечного элемента; $\underset{96\times 1}{\left\{f_y\right\}}=\underset{96\times 96}{\left[T_1\right]^T}\int\limits_F \underset{96\times 3}{\left[A\right]^T}\underset{3\times 1}{\left\{q\right\}}dF$ — вектор узловых усилий конечного элемента.

2.2. Матрица деформирования конечного элемента в смешанной формулировке МКЭ. В качестве узловых неизвестных конечного элемента принимаются перемещения $u^{\omega}, v^{\omega}, w^{\omega}$ и напряжения $\sigma_{xx}^{\omega}, \sigma_{yy}^{\omega}, \sigma_{zz}^{\omega}, \sigma_{xy}^{\omega}, \sigma_{xz}^{\omega}, \sigma_{yz}^{\omega}$; $\left(\omega = i,\ \ldots, h\right)$.

Перемещения внутренней точки конечного элемента аппроксимируются через узловые значения с использованием трилинейных функций формы (2.1):

$$\lambda=\underset{1\times 8}{\left\{\phi\left(\xi,\eta,\zeta\right)\right\}^T}\underset{8\times 1}{\left\{\lambda_y\right\}}, \tag{2.14}$$

где $\underset{1\times 8}{\left\{\lambda_y\right\}^T}=\left\{\lambda^i,\lambda^j,\lambda^k,\lambda^l,\lambda^m,\lambda^n,\lambda^p,\lambda^h\right\}$; λ означает перемещения u, v, w.

С использованием (2.14) формируется соотношение:

$$\underset{3\times 1}{\left\{S\right\}}=\underset{3\times 24}{\left[A\right]}\underset{24\times 1}{\left\{V_y\right\}}, \tag{2.15}$$

где $\underset{1\times 24}{\left\{V_y\right\}^T}=\left\{\underset{1\times 8}{\left\{u_y\right\}^T}\underset{1\times 8}{\left\{v_y\right\}^T}\underset{1\times 8}{\left\{w_y\right\}^T}\right\}$.

При учете (2.15) определяются деформации (1.2) в матричном виде:

$$\underset{6\times 1}{\left\{\varepsilon\right\}}=\underset{6\times 3}{\left[L\right]}\underset{3\times 1}{\left\{S\right\}}=\underset{6\times 3}{\left[L\right]}\underset{3\times 24}{\left[A\right]}\underset{24\times 1}{\left\{V_y\right\}}=\underset{6\times 24}{\left[B\right]}\underset{24\times 1}{\left\{V_y\right\}}. \tag{2.16}$$

Напряжения внутренней точки конечного элемента аппроксимируются через напряжения в узловых точках с использованием также трилинейных функций:

$$\mu=\underset{1\times 8}{\left\{\varphi\left(\xi,\eta,\zeta\right)\right\}^T}\underset{8\times 1}{\left\{\mu_y\right\}}, \tag{2.17}$$

где $\underset{1\times 8}{\left\{\mu_y\right\}^T}=\left\{\mu^i,\mu^j,\mu^k,\mu^l,\mu^m,\mu^n,\mu^p,\mu^h\right\}$; под символом μ понимаются величины $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy}, \sigma_{xz}, \sigma_{yz}$.

На основе (2.17) можно записать аппроксимирующие выражения для напряжений внутренней точки конечного элемента:

$$\underset{6\times1}{\{\sigma\}} = \underset{6\times48}{[G]}\underset{48\times1}{\{\sigma_y\}}, \tag{2.18}$$

где $\underset{1\times48}{\{\sigma_y\}^T} = \left\{ \underset{1\times8}{\{\sigma_{xxy}\}}, \underset{1\times8}{\{\sigma_{yyy}\}}, \underset{1\times8}{\{\sigma_{zzy}\}}, \underset{1\times8}{\{\sigma_{xyy}\}}, \underset{1\times8}{\{\sigma_{xzy}\}}, \underset{1\times8}{\{\sigma_{yzy}\}} \right\}$.

Для формирования матрицы деформирования конечного элемента используется смешанный функционал, получаемый из функционала (2.9), путем замены действительной работы внутренних сил разностью полной и дополнительной работы:

$$\Pi = \int_V \left[\underset{1\times6}{\{\sigma\}^T} \underset{6\times3}{[L]^T} \underset{3\times1}{\{S\}} - \frac{1}{2} \underset{1\times6}{\{\sigma\}^T} \underset{6\times6}{[C]} \underset{6\times1}{\{\sigma\}} \right] dV - \frac{1}{2} \int_S \underset{1\times3}{\{S\}^T} \underset{3\times1}{\{q\}} dS. \tag{2.19}$$

С учетом матричных соотношений (1.2), (1.3), (2.7) и (2.18) функционал (2.19) для конечного элемента запишется в виде:

$$\Pi = \underset{1\times48}{\{\sigma_y\}^T} \int_V \underset{48\times6}{[G]^T} \underset{6\times24}{[B]} dV \underset{24\times1}{\{V_y\}} - \frac{1}{2} \underset{1\times48}{\{\sigma_y\}^T} \int_V \underset{48\times6}{[G]^T} \underset{6\times6}{[C]} \underset{6\times48}{[G]} dV \underset{48\times1}{\{\sigma_y\}} - \tag{2.20}$$

$$- \underset{1\times24}{\{V_y\}^T} \frac{1}{2} \int_S \underset{24\times3}{[A]^T} \underset{3\times1}{\{q\}} dS .$$

После выполнения минимизации функционала (2.20) по узловым неизвестным $\{\sigma_y\}^T$ и $\{V_y\}^T$ конечного элемента получается система уравнений:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \{\sigma_y\}^T} \equiv - \underset{48\times48}{[H]} \underset{48\times1}{\{\sigma_y\}} + \underset{48\times24}{[Q]} \underset{24\times1}{\{V_y\}} = 0 ; \tag{2.21}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \{V_y\}^T} \equiv \underset{24\times48}{[Q]^T} \underset{48\times1}{\{\sigma_y\}} - \underset{24\times1}{\{f_y\}} = 0 ,$$

где $\underset{48\times24}{[Q]} = \int_V \underset{48\times6}{[G]^T} \underset{6\times24}{[B]} dV$; $\underset{48\times48}{[H]} = \int_V \underset{48\times6}{[G]^T} \underset{6\times6}{[C]} \underset{6\times48}{[G]} dV$; $\underset{24\times1}{\{f_y\}} = \int_S \underset{24\times3}{[A]^T} \underset{3\times1}{\{q\}} dS$.

Системы уравнений (2.21) представляются в традиционной для МКЭ форме:

$$\underset{72\times72}{[K_2]} \underset{72\times1}{\{Z_y\}} = \underset{72\times1}{\{F_y\}}, \tag{2.22}$$

где $\underset{72\times72}{[K_2]} = \begin{bmatrix} -\underset{48\times48}{[H]} & \underset{48\times24}{[Q]} \\ \underset{24\times48}{[Q]^T} & \underset{24\times24}{[0]} \end{bmatrix}$ — матрица деформирования конечного элемента; $\underset{1\times72}{\{F_y\}^T} = \left\{ \underset{1\times48}{\{0\}^T}, \underset{1\times24}{\{f_y\}^T} \right\}$ — вектор узловых усилий; $\underset{1\times72}{\{Z_y\}^T} = \left\{ \underset{1\times48}{\{\sigma_y\}^T}, \underset{1\times24}{\{S_y\}^T} \right\}$ — вектор узловых неизвестных конечного элемента.

Пример. Рассматривалась прямоугольная пластина с защемленными краями, загруженная равномерно распределенным давлением. За исходные данные приняты: длина L = 0,2 м, ширина B = 0,2 м, толщина t = 0,01 м, модуль упругости материала $E = 2{,}0 \times 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0{,}3$, интенсивность давления q = 1,5875 МПа. Вследствие наличия плоскостей симметрии задачи рассматривалась четвертая часть пластины, идеализированной восьмиугольными объемными элементами.

Результаты вычислений с применением конечного элемента в формулировке метода перемещений показаны в табл. 1, а результаты, полученные с применением конечного элемента в смешанной формулировке, показаны в табл. 2. В таблицах приведены значения нормальных напряжений в крайних волокнах заделки σ_{xx} (точка а) и в центре пластины σ_{xx} (точка 0) в зависимости от числа конечных элементов при дискретизации рассматриваемой части пластинки.

Таблица 1

Дискретизация	Элемент 96 × 96		
	Напряжение σ_{xx}, МПа (точка а)	Напряжение σ_{xx}, МПа (точка 0)	Перемещение w, м (точка 0)
10 × 10 × 1	151,2	67,2	$1{,}78 \cdot 10^{-3}$
20 × 20 × 1	153,2	67,4	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
30 × 30 × 1	153,8	67,6	$1{,}81 \cdot 10^{-3}$
40 × 40 × 1	154,4	67,6	$1{,}81 \cdot 10^{-3}$
10 × 10 × 2	171,0	79,2	$1{,}78 \cdot 10^{-3}$
20 × 20 × 2	174,6	80,2	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
30 × 30 × 2	176,2	80,4	$1{,}81 \cdot 10^{-3}$
40 × 40 × 2	177,0	80,6	$1{,}81 \cdot 10^{-3}$

Таблица 2

Дискретизация	Элемент 72 × 72		
	Напряжение σ_{xx}, МПа (точка а)	Напряжение σ_{xx}, МПа (точка 0)	Перемещение w, м (точка 0)
10 × 10 × 1	177,6	81,4	$1{,}49 \cdot 10^{-3}$
20 × 20 × 1	189,6	92,0	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$
30 × 30 × 1	191,8	94,2	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$
40 × 40 × 1	192,6	95,0	$1{,}5 \cdot 10^{-3}$
10 × 10 × 2	189,8	80,8	$1{,}78 \cdot 10^{-3}$
20 × 20 × 2	195,6	85,8	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
30 × 30 × 2	195,8	87,0	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$
40 × 40 × 2	195,4	87,4	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$

В первых колонках таблиц дается количество элементов по длине, ширине пластинки и по ее высоте. Во вторых колонках даются значения нормальных напряжений в крайних волокнах заделки. В третьих колонках приведены значения нормальных напряжений в центре пластины. В четвертых колонках даются значения перемещений в центре пластины.

Напряжения и перемещения для рассматриваемой пластинки определены численными значениями [17]: σ_{xx} = 88,6 МПа (точка а); σ_{xx} = 189,6 МПа (точка 0); w = 0,173 м.

Анализ результатов показывает, что при использовании конечных элементов в формулировке метода перемещений наблюдается более быстрая сходимость вычислительного процесса по перемещениям. Достаточным оказывается результат по перемещению при дискретизации в один конечный элемент по толщине пластинки.

Наблюдается соответствие между полученными результатами и результатами [17] на основе гипотезы прямой нормали.

При использовании конечного элемента в смешанной формулировке оказывается более быстрая сходимость вычислительного процесса по напряжениям, что объясняется условиями совместимости конечных элементов в смешанной формулировке не только в узлах, но и по граням конечных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Новожилов В. В.* Теория тонких оболочек. Л. : Судпромгиз, 1962. 432 с.

2. *Галимов К. З., Паймушин В. Н.* Теория оболочек сложной геометрии. Казань : Казанский университет, 1985. 164 с.

3. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. М. : Наука, 1994. Т. 1. 528 с.

4. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. М. : Наука, 1994. Т. 2. 560 с.

5. *Петров В. В.* Нелинейная инкрементальная строительная механика. М. : Инфра-Инженерия, 2014. 479 с.

6. *Зенкевич О., Морган К.* Конечные элементы и аппроксимация. Пер. с англ. М. : Мир, 1986. 318 с.

7. *Оден Дж.* Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. Пер. с англ. М., 1976. 464 с.

8. *Постнов В. А.* Численные методы расчета судовых конструкций. Л. : Судостроение, 1977. 280 с.

9. *Рикардс Р. Б.* Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин. Рига : Зинатне, 1988. 284 с.

10. *Бате К.-Ю.* Методы конечных элементов. Пер. с англ. В. П. Шидловского / Под ред. Л. И. Турчака. М. : Физматлит, 2010. 1024 с.

11. *Голованов А. И., Тюленева О. Н., Шигабутдинов А. Ф.* Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций . М. : Физматлит, 2006. 392 с.

12. *Киселев А. П., Гуреева Н. А., Киселева Р. З.* Расчет многослойной оболочки с использованием объемного конечного элемента // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2010. Т.4. № 4. С. 125—128.

13. *Каюмов Р. А.* К решению задач неоднородной теории упругости методом конечных элементов // Матем. моделир. и краев. задачи. 2007. № 1. С. 119—121.

14. *Гуреева Н. А., Клочков Ю. В., Николаев А. П.* Расчет осесимметрично нагруженной оболочки вращения с учетом геометрической нелинейности на основе смешанного МКЭ // Изв. вузов. Авиационная техника. 2014. № 4. С. 14—19.

15. *Бандурин, Н. Г., Гуреева Н. А.* Определение плоского напряженного состояния оболочек на основе смешанной формулировки метода конечных элементов с учетом геометрической нелинейности // Космонавтика и ракетостроение. 2013. Т. 1. № 70. С. 69—75.

16. *Игнатьев В. А., Игнатьев А. В.* Решение плоской задачи теории упругости по методу конечных элементов в форме классического смешанного метода // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31—2(50). С. 337—343.

17. *Вайнберг Д. В.* Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. Киев : Будивельник, 1973. 488 с.

© Гуреева Н. А., Николаев А. П., Юшкин В. Н., 2020

*Поступила в редакцию
в марте 2020 г.*

Ссылка для цитирования:

Гуреева Н. А., Николаев А. П., Юшкин В. Н. Упругое деформирование твердого тела на основе различных вариантов конечно-элементных формулировок // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 5—13.

Об авторах:

Гуреева Наталья Анатольевна — д-р физ.-мат. наук, доцент, доцент департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; Российская Федерация, 125993, г. Москва, Ленинградский пр-т, 49, nagureeve@fa.ru

Николаев Анатолий Петрович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры прикладной геодезии, природообустройства и водопользования, Волгоградский государственный аграрный университет; Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26, anpetr40@yandex.ru

Юшкин Владислав Николаевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры прикладной геодезии, природообустройства и водопользования, Волгоградский государственный аграрный университет; Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26, aup-volgau@yandex.ru

Natalia A. Gureeva[a], Anatoly P. Nikolaev[b], Vladislav N. Yushkin[b]

[a] Financial University under the Government of the Russian Federation
[b] Volgograd State Agrarian University

ELASTIC DEFORMATION OF A SOLID BASED ON VARIOUS VARIANTS OF FINITE ELEMENT FORMULATIONS

In the Cartesian coordinate system in calculating the strength of deformable bodies, a comparative analysis of the use of the hexagonal finite element in two formulations is made: in the formulation of the displacement method and in the mixed formulation. In the first embodiment, displacements and their first derivatives are used as nodal unknowns of the hexagon; in the second variant, stresses and displacements are taken as nodal unknowns. In obtaining the stiffness matrix of the finite element in the formulation of the displacement method, approximating functions in the form of products of Hermite polynomials of the third degree were used and the stiffness matrix was formed on the basis of the Lagrange functional. To obtain the deformation matrix of the hexagonal finite element in a mixed formulation, trilinear approximating functions were used, and the deformation matrix was formed on the basis of a functional obtained from the condition of equality of the actual work of external and internal forces with the replacement of the real work of internal forces by the difference of the total and additional work. The calculation example shows a significant advantage of using a finite element in a mixed formulation.

K e y w o r d s: hexagonal element, displacement method, mixed method, finite element method, functional.

For citation:

Gureeva N. A., Nikolaev A. P., Yushkin V. N. [Elastic deformation of a solid based on various variants of finite element formulations]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 5—13.

About authors:

Natalia A. Gureeva — Doctor of Physics and Mathematics, Docent, Docent of Data Analysis, Decision Making and Financial Technologies Department, Financial University under the Government of the Russian Federation; 49, Leningradskii Ave., Moscow, 125993, Russian Federation, nagureeve@fa.ru

Anatoly P. Nikolaev — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use Department, Volgograd State Agrarian University; 26, Universitetskii Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation, anpetr40@yandex.ru

Vladislav N. Yushkin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use Department, Volgograd State Agrarian University; 26, Universitetskii Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation, aup-volgau@yandex.ru

УДК 624.04:539.3:519.3

А. В. Игнатьев, В. А. Игнатьев, Е. В. Онищенко, Г. В. Скрылёв

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ЗАКРИТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ФЕРМЫ МИЗЕСА ПО МЕТОДУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМЕ КЛАССИЧЕСКОГО СМЕШАННОГО МЕТОДА

В статье излагается алгоритм решения модельной задачи о докритическом и закритическом поведении простейшей двухстержневой фермы — фермы Мизеса, традиционно используемой в качестве модели для исследования эффективности тех или иных методов решения задач устойчивости шарнирно-стержневых систем. Алгоритм основан на развиваемом в работах А. В. Игнатьева и В. А. Игнатьева методе конечных элементов в форме классического смешанного метода. Система разрешающих уравнений этого метода состоит из уравнений равновесия узлов и уравнений неразрывности деформаций в сечениях стержней, примыкающих к рассматриваемому узлу фермы. Это позволяет проследить весь процесс изменения напряженно-деформированного состояния фермы при пошаговом изменении силового или деформационного параметра нагружения и существенно упростить нахождение предельных точек и точек ветвления решения на траекториях равновесных состояний фермы. Пример расчета иллюстрирует эффективность алгоритма.

Ключевые слова: докритическое и закритическое поведение фермы Мизеса, МКЭ в форме классического смешанного метода.

Рассмотрим задачу устойчивости и закритического поведения простейшей симметричной двухстержневой плоской шарнирно-стержневой системы, называемой фермой Мизеса.

Эта задача решалась многими авторами [1—11] в различных постановках и различными методами. Как модельная и тестовая задача она используется и в настоящее время для верификации результатов расчета с использованием разрабатываемых программных комплексов.

В данном случае задача решается методом конечных элементов в форме классического смешанного метода в геометрически нелинейной постановке [12—15].

1. Прямосимметричная форма потери устойчивости

Исходная конфигурация фермы с геометрическими и физическими параметрами показана на рис. 1, *а*. При данной форме потери устойчивости ферма сохраняет симметрию и в деформированном состоянии.

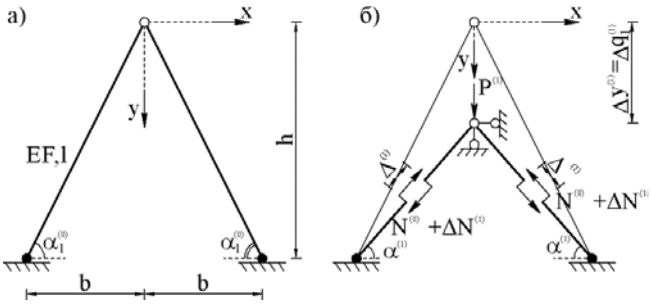


Рис. 1

Основная система смешанного метода показана на рис. 1, *б*. Для исследования поведения системы при возрастании нагрузки используем процедуру пошагового догружения. Шаг нагрузки $\Delta P = \frac{P}{n}$, где n — число шагов. В случае необходимости шаг догружения может быть выбран переменным.

От этой нагрузки, т. е. первого шага нагружения, по недеформированной схеме (рис. 1, *а*) из линейного расчета найдем усилия в стержнях фермы — $N^{(0)}$.

Для нахождения действительного напряженно-деформированного состояния фермы составим уравнения равновесия и совместности деформаций для основной системы смешанного метода после первого шага нагружения:

$$\begin{aligned} &1.\ R_y^{(1)} = P^{(1)} + 2\left(N^{(0)} + \Delta N^{(1)}\right)\sin\alpha^{(1)} = 0, \\ &2.\ \Delta^{(1)} = \left(l + \frac{N^{(0)} l}{EF}\right)^2 - \left(h - y^{(1)}\right)^2 - b^2 = 0. \end{aligned} \tag{1}$$

Из геометрии деформированной системы (рис.1, *б*) следует:

$$\sin\alpha^{(1)} = \frac{h - y^{(1)}}{l^{(1)}} = \frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N^{(0)}}{EF}\right)}. \tag{2}$$

После подстановки этого выражения в уравнения (1) они принимают следующий вид:

$$\begin{aligned} &1.\ P^{(1)} + 2\left(N^{(0)} + \Delta N^{(1)}\right)\frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N^{(0)}}{EF}\right)} = 0, \\ &2.\ l^2\left(1 + \frac{N^{(0)}}{EF}\right)^2 = \left[h^2 - 2hy^{(1)} + \left(y^{(1)}\right)^2\right] + b^2. \end{aligned} \tag{3}$$

В этой системе нелинейных уравнений два неизвестных: $\Delta N^{(1)}$, $y^{(1)}$. Входящие в них величина $N^{(0)}$ известна из предыдущего линейного расчета.

Далее следует переход ко второму шагу догружения. Циклы повторяются до тех пор, пока значения неизвестных $\Delta N^{(1)}$, $y^{(1)}$ на циклах i и $(i+1)$ не будут отличаться на заданную величину точности расчета.

Рассмотрим численный пример анализа геометрически нелинейного поведения рассматриваемой шарнирно-стержневой системы из двух линейно-упругих стержней.

Параметры системы: высота фермы h = 1 м, угол наклона переменный, продольная жесткость стержней $EF = 1000$ т.

Уточнение решения системы нелинейных уравнений (3) после каждого шага нагружения выполняется итерационно [13]. На начальном этапе расчета параметром шагового нагружения является нагрузка P.

При исследовании поведения системы под нагрузкой, близкой к критической, необходимо менять параметр шагового догружения, т. е. переходить к пошаговому изменению ведущего деформационного компонента вектора узловых перемещений.

На рисунке 2 приведена кривая текущих деформированных состояний равновесия фермы с начальным углом наклона $\alpha = 55,6°$. Рассматривая деформирование системы в зависимости от величины нагрузки, можно получить только часть кривой деформирования 0-*A*-*E*-*F*, на которой в точке *A* происходит «перескок» до точки *E*, т. е. деформирование происходит без изменения нагрузки. Поэтому итерационный процесс по заданной величине шага нагрузки выполняем только до достижения точки *A*. Всю кривую деформирования, необходимую для анализа поведения системы под нагрузкой, получаем, меняя силовой параметр шага нагружения на деформационный. Уточнение решения на каждом шаге выполняется итерационно.

Кривая пересекает ось в точках *B* и *D*, соответствующих вертикальному перемещению верхнего узла на величину *h* и 2*h* соответственно. В этих точках ферма находится в состоянии равновесия, при котором $P = 0$.

На участке *B*-*C*-*D* усилия сжатия в стержнях фермы меняются на растягивающие усилия, т. е. равновесие системы возможно только при нагрузке, условно направленной вверх.

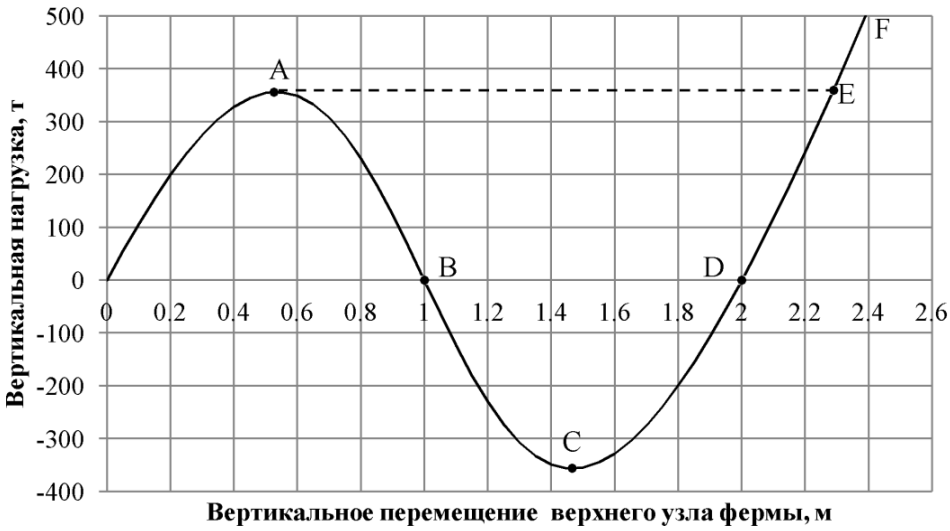


Рис. 2

На рисунке 3 представлена зависимость нагрузки $P_{кр}$ от начального угла наклона фермы при прямосимметричной ее деформации. Пунктиром показана эта же зависимость при расчете по недеформированной схеме [16].

Левая половина графика I построена при шаговом параметре нагружения ΔP, правая половина — при шаговом параметре нагружения Δx. В переходной зоне $62° < \alpha < 70°$ шаг нагружения принимается уменьшенным в 2 раза.

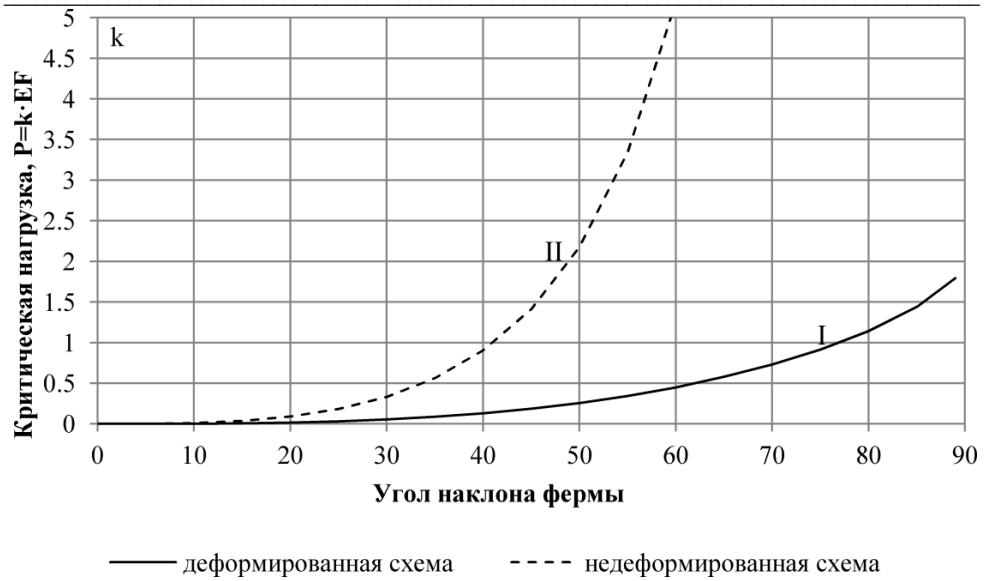


Рис. 3

2. Обратносимметричная форма потери устойчивости фермы

Теоретически эта форма потери устойчивости возможна лишь при малом возмущении нагрузкой в горизонтальном направлении или начальном несовершенстве.

Исходная конфигурация фермы с геометрическими и физическими параметрами показана на рис. 4, *а*. В начальном положении при отсутствии нагрузки она симметрична: $l_1^{(0)} = l_2^{(0)} = l$, $\alpha_1^{(0)} = \alpha_2^{(0)} = \alpha$.

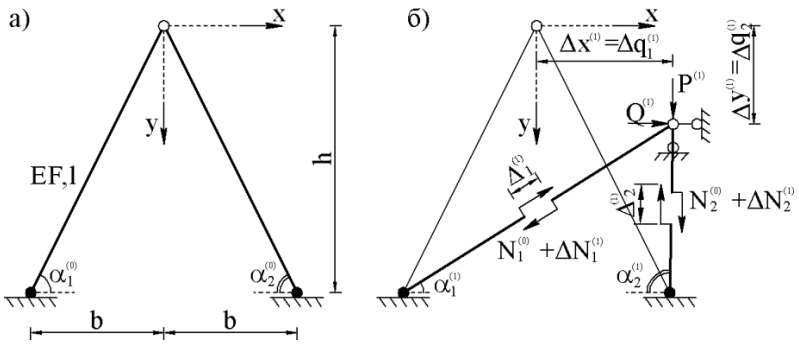


Рис. 4

Основная система смешанного метода показана на рис. 4, *б*. Для исследования поведения системы при возрастании нагрузки используем процедуру пошагового догружения. Шаг нагрузки $\Delta P = \dfrac{P}{n}$, где n — число шагов. В случае необходимости шаг догружения может быть выбран переменным.

Возмущающая нагрузка Q принимается очень малой по отношению к вертикальной нагрузке P. Например, $Q = kP$, где $k = 10^{-3}$.

На первом шаге нагружения примем:

$$P^{(1)} = \Delta P = \frac{P}{n}, \quad Q^{(1)} = kP^{(1)} = k\Delta P.$$

От этой нагрузки, т. е. первого шага нагружения, по недеформированной схеме (рис. 4, *а*) из линейного расчета найдем усилия в стержнях фермы — $N_1^{(0)}$ и $N_2^{(0)}$.

Для нахождения действительного напряженно-деформированного состояния фермы составим уравнения равновесия и совместности деформаций для основной системы смешанного метода после первого шага нагружения:

$$\begin{aligned}
&1.\ R_x^{(1)} = Q^{(1)} - \left(N_1^{(0)} + \Delta N_1^{(1)}\right)\cos\alpha_1^{(1)} + \left(N_2^{(0)} + \Delta N_2^{(1)}\right)\cos\alpha_2^{(1)} = 0,\\
&2.\ R_y^{(1)} = P^{(1)} + \left(N_1^{(0)} + \Delta N_1^{(1)}\right)\sin\alpha_1^{(1)} + \left(N_2^{(0)} + \Delta N_2^{(1)}\right)\sin\alpha_2^{(1)} = 0,\\
&3.\ \Delta_1^{(1)} = \left(l + \frac{N_1^{(0)} l}{EF}\right)^2 - \left(h - y^{(1)}\right)^2 - \left(b + x^{(1)}\right)^2 = 0,\\
&4.\ \Delta_1^{(1)} = \left(l + \frac{N_2^{(0)} l}{EF}\right)^2 - \left(h - y^{(1)}\right)^2 - \left(b - x^{(1)}\right)^2 = 0.
\end{aligned} \tag{4}$$

Из геометрии деформированной системы (рис. 4, *б*) следует:

$$\begin{aligned}
&\sin\alpha_1^{(1)} = \frac{h - y^{(1)}}{l_1^{(1)}} = \frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_1^{(0)}}{EF}\right)}, \ \cos\alpha_1^{(1)} = \frac{b + x^{(1)}}{l_1^{(1)}} = \frac{b + x^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_1^{(0)}}{EF}\right)},\\
&\sin\alpha_2^{(1)} = \frac{h - y^{(1)}}{l_2^{(1)}} = \frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_2^{(0)}}{EF}\right)}, \ \cos\alpha_1^{(1)} = \frac{b - x^{(1)}}{l_2^{(1)}} = \frac{b - x^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_2^{(0)}}{EF}\right)}.
\end{aligned} \tag{5}$$

После подстановки этих выражений в уравнения (4) они принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}
&1.\ Q^{(1)} - \left(N_1^{(0)} + \Delta N_1^{(1)}\right)\frac{b + x^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_1^{(0)}}{EF}\right)} + \left(N_2^{(0)} + \Delta N_2^{(1)}\right)\frac{b - x^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_2^{(0)}}{EF}\right)} = 0,\\
&2.\ P^{(1)} + \left(N_1^{(0)} + \Delta N_1^{(1)}\right)\frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_1^{(0)}}{EF}\right)} + \left(N_2^{(0)} + \Delta N_2^{(1)}\right)\frac{h - y^{(1)}}{l\left(1 + \frac{N_2^{(0)}}{EF}\right)} = 0,\\
&3.\ l^2\left(1 + \frac{N_1^{(0)}}{EF}\right)^2 = \left[h^2 - 2hy^{(1)} + \left(y^{(1)}\right)^2\right] + \left[b^2 + 2bx^{(1)} + \left(x^{(1)}\right)^2\right],\\
&4.\ l^2\left(1 + \frac{N_2^{(0)}}{EF}\right)^2 = \left[h^2 - 2hy^{(1)} + \left(y^{(1)}\right)^2\right] + \left[b^2 - 2bx^{(1)} + \left(x^{(1)}\right)^2\right].
\end{aligned} \tag{6}$$

В этой системе нелинейных уравнений четыре неизвестных: $\Delta N_1^{(1)}$, $\Delta N_2^{(1)}$, $x^{(1)}$, $y^{(1)}$. Входящие в них величины $N_1^{(0)}$ и $N_2^{(0)}$ известны из предыдущего линейного расчета.

Далее следует переход ко второму шагу догружения. При этом нагрузку $Q^{(1)}$ можно убрать. Циклы повторяются до тех пор, пока значения неизвестных $\Delta N_1^{(1)}$, $\Delta N_2^{(1)}$, $x^{(1)}$, $y^{(1)}$ на циклах i и $(i+1)$ не будут отличаться на заданную величину точности расчета.

Рассмотрим ферму с начальным углом наклона 75° (с теми же параметрами, что и в предыдущем случае).

Траектория вертикального перемещения верхнего узла показана на рис. 5 (кривая равновесных состояний).

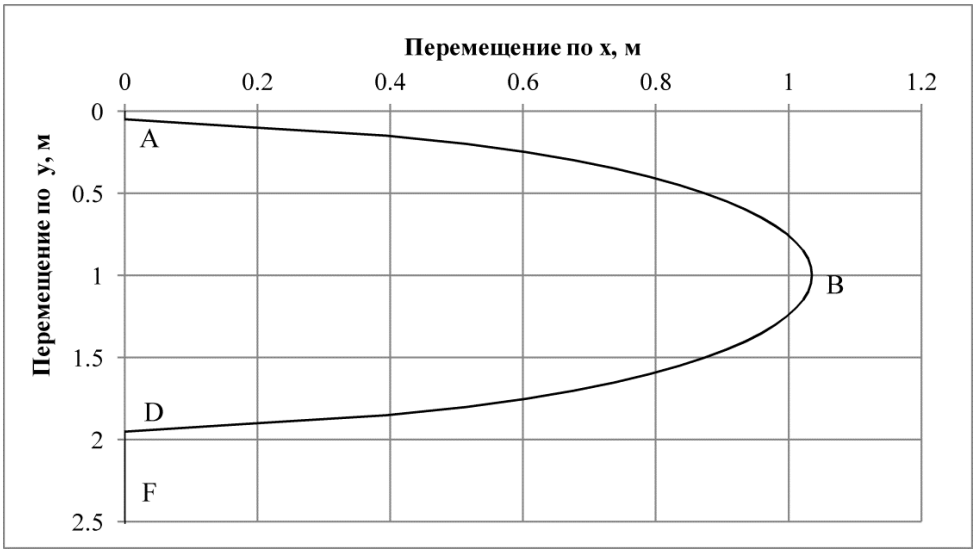


Рис. 5

На рисунках 6 и 7 представлены зависимости вертикального перемещения верхнего узла от нагрузки и горизонтального перемещения верхнего узла от нагрузки соответственно. На графиках представлены результаты расчета для нескольких начальных углов наклона стержней. Характерные точки обозначены на графике, соответствующем начальному углу наклона стержней 75°.

Итерационный процесс по заданной величине вертикальной нагрузки позволяет отследить поведение системы на участке 0 — *A*. Для построения полной кривой деформирования необходимо сменить параметр нагружения, задаваясь пошаговым приращением величины вертикального перемещения.

Решение нелинейной системы уравнений (6) на каждом шаге нагружения ведется по описанному выше алгоритму.

Как и в случае прямосимметричной формы потери устойчивости кривая деформирования пересекает ось в двух точках *E* и *C*. Равновесие системы в них возможно при $P = 0$. При этом система имеет деформированную конфигурацию, отличающуюся от начальной.

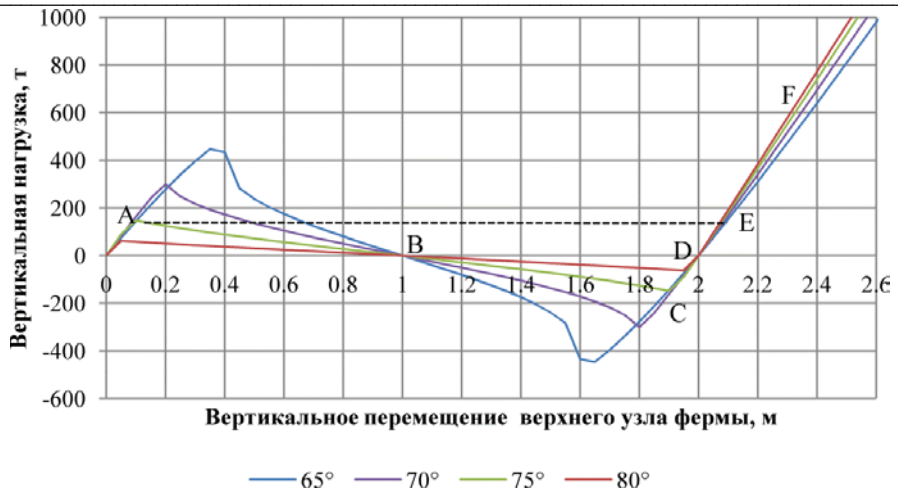


Рис. 6

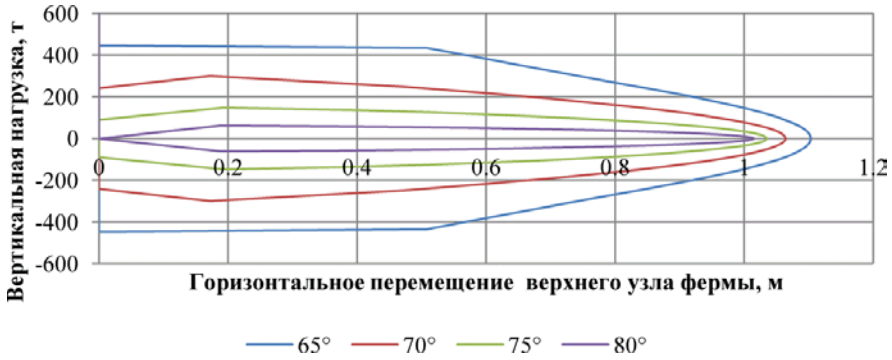


Рис. 7

На рисунке 8 приведены графики изменения величины нагрузки, соответствующей вертикальному перемещению верхнего узла фермы при различных значениях начального угла наклона стержней.

Рис. 8

При принятом в недеформированном состоянии начальном угле наклона $\alpha = 85°$ решение системы уравнений (4) при задаваемых значениях приращений перемещений $\Delta y^{(\,)}$ дает положительные значения приращений нагрузки $\Delta P^{(\,)}$ и перемещения $\Delta x^{(\,)}$. При значении $y^{(i)} = y^{(i-1)} + \Delta y^{(i)}$, соответствующем $\alpha_1^{(i)} = 84{,}9°$, приращение нагрузки $\Delta P^{(i)}$ и перемещения $\Delta x^{(i)}$ становятся нулевыми, а при дальнейшем увеличении $\Delta y^{(\,)}$ величина $\Delta P^{(\,)}$ становится отрицательной, а величина $\Delta x^{(\,)}$ остается равной нулю.

По физическому смыслу это означает, что возможной после достижения некоторой предельной величины $y^{(i)} = 0{,}01$ м становится только прямосимметричная форма потери устойчивости.

Выполнив расчет на различных начальных конфигурациях фермы, т. е. при разных значениях $\alpha^{(0)}$, можно в итоге построить график изменения величины $P_{\max}$ в зависимости от величины $\alpha^{(0)}$. На рисунках 9, 10 представлены графики зависимости критической нагрузки от начального угла наклона стержней для прямо- и обратносимметричных форм потери устойчивости.

Фрагмент рис. 9, на котором изображена точка пересечения графиков зависимости критической нагрузки от начального угла наклона фермы при различных формах потери устойчивости, представлен на рис. 10.

Из графика видно, что при значениях, лежащих правее точки пересечения, обратносимметричная форма потери устойчивости фермы Мизеса невозможна. Минимальное значение, при котором она возможна, составляет 64,1°.

Для исследования поведения исследуемой фермы при обратносимметричной форме потери устойчивости наиболее эффективным оказывается включение в число неизвестных параметра приращения нагрузки $\Delta P^{(\,)}$ на каждом шаге догружения и перевод в число задаваемых параметров приращение перемещения $\Delta y^{(\,)}$ или $\Delta x^{(\,)}$.

Рис. 9

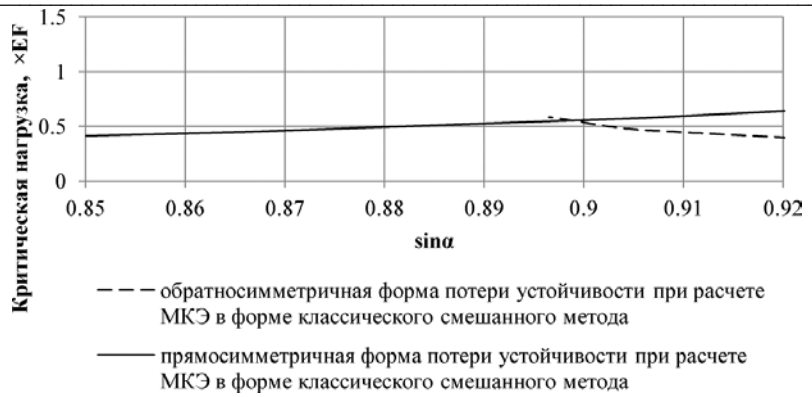


Рис. 10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Belytscko T., Liu W., Moran B.* Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures // Wiley & Sons, 2000.

2. *Bonet J., Wood R.* Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis // Cambridge University Press, 1997.

3. *Crisfield M. A.* Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures // Wiley & Sons. Vol. 1. 1997.

4. *Kyther P., Wie D.* An Introduction to Linear and Nonlinear Finite Element Analysis // Birkhauer Verlag. 2003.

5. *Reddy J. N.* An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis // Oxford University Press. 2004.

6. *Сергеев О. А., Киселев В. Г.* Оптимизация геометрически нелинейных стержневых конструкций с начальными глобальными несовершенствами // Проблемы прочности и пластичности. 2010. Вып. 72. С. 100—112.

7. *Хейдари А., Галишникова В. В.* Прямой упруго-пластический расчет стальных ферм с большими перемещениями на предельное равновесие и приспособляемость // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2013. № 3. С. 51—64.

8. *Петров В. В.* Нелинейная инкрементальная строительная механика. М. : Инфра-Инженерия, 2014. 480 с.

9. *Лукаш П. А.* Основы нелинейно строительной механики. М. : Стройиздат, 1978.

10. *Игнатьев В. А., Галишникова В. В.* Расчет шарнирно-стержневых систем на устойчивость на основе принципа возможных перемещений. Волгоград : Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2006. Вып. № 6(20). С. 5—18.

11. *Перельмутер А. В., Сливкер В. И.* Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы. Т. 1. М. : СКАД СОФТ, 2010.

12. *Игнатьев В. А., Игнатьев А. В., Жиделев А. В.* Смешанная форма метода конечных элементов в строительной механике. Волгоград : ВолгГАСУ, 2006. 172 с.

13. Нелинейная строительная механика стержневых систем. Основы теории. Примеры расчета : учебное пособие / В. А. Игнатьев, А. В. Игнатьев, В. В. Галишникова, Е. В. Онищенко. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014.

14. *Игнатьев А. В., Игнатьев В. А., Онищенко Е. В.* Возможность использования метода конечных элементов в форме классического смешанного метода для геометрически нелинейного анализа шарнирно-стержневых систем 2015. № 12. С. 47—58.

15. *Игнатьев А. В., Игнатьев В. А., Онищенко Е. В.* Решение геометрически нелинейных задач статики шарнирно-стержневых систем на основе метода конечных элементов в форме классического смешанного метода // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 20—33.

16. *Игнатьев В. А.* Некоторые задачи устойчивости плоских и пространственных ферм : дисс... канд. техн. наук. Саратов, 1966.

© Игнатьев А. В., Игнатьев В. А., Онищенко Е. В., Скрылёв Г. В., 2020

*Поступила в редакцию
в марте 2020 г.*

Ссылка для цитирования:

Исследование устойчивости и закритического поведения фермы Мизеса по методу конечных элементов в форме классического смешанного метода / А. В. Игнатьев, В. А. Игнатьев, Е. В. Онищенко, Г. В. Скрылёв // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 14—23.

Об авторах:

Игнатьев Александр Владимирович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительной механики, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, alignat70@yandex.ru

Игнатьев Владимир Александрович — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой строительной механики, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, alignat70@yandex.ru

Онищенко Екатерина Валерьевна — аспирантка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, alignat70@yandex.ru

Скрылёв Григорий Васильевич — аспирант, ассистент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, grisha969@mail.ru

Aleksandr V. Ignatyev, Vladimir A. Ignatyev, Ekaterina V. Onishchenko, Grigory V. Skrylev

Volgograd State Technical University

INVESTIGATION OF THE STABILITY AND SUPERCRITICAL BEHAVIOR OF THE MISES TRUSS USING THE FINITE ELEMENT METHOD IN THE FORM OF THE CLASSICAL MIXED METHOD

In article the algorithm of the solution of a model task on subcritical and zakritichesky behavior of the simplest two-rod farm — Mises's farm which is traditionally used as model for a research of efficiency of these or those methods of the solution of problems of stability pivotally — rod systems is stated. The algorithm is based on the finite element method developed in A. V. Ignatyev and V. A. Ignatyev's works in the form of the classical mixed method. The system of the allowing equations of this method consist of the equations of balance of knots and the equations of continuity of deformations in sections of the cores adjoining the considered farm knot. It allows to track all process of change of the intense deformed condition of a farm at step-by-step change of power or deformation parameter of loading and it is essential to simplify finding of limit points and points of branching of the decision on trajectories of equilibrium conditions of a farm. The example of calculation illustrates efficiency of an algorithm.

K e y w o r d s: subcritical and after critical behavior of a farm of Mises, MKE in the form of the classical mixed method.

For citation:

Ignatyev A. V., Ignatyev V. A., Onishchenko E. V., Skrylev G. V. [Investigation of the stability and supercritical behavior of the Mises truss using the finite element method in the form of the classical mixed method]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 14—23.

About authors:

Aleksandr V. Ignatyev — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Structural Mechanics Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, alignat70@yandex.ru

Vladimir A. Ignatyev — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Structural Mechanics Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, alignat70@yandex.ru

Ekaterina V. Onishchenko — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, alignat70@yandex.ru

Grigory V. Skrylev — Postgraduate student, Assistant, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, grisha969@mail.ru

УДК 625.71.8

С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, М. И. Альшанова

Волгоградский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ ПЕРЕВОЗОК И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Существующие подходы к планированию дорожно-ремонтных работ не учитывают международный показатель ровности IRI. В настоящее время проводится масштабная диагностика сети автомобильных дорог по показателю продольной ровности и наличию дефектов покрытия. На основе обработки материалов диагностики выполнена надежность дорожной сети по состоянию покрытия и установлены законы распределения показателя ровности IRI с разной степенью износа проезжей части. В работе исследованы функциональные зависимости между показателем IRI и протяженностью разрушенных участков. Установленные зависимости позволили определить степень влияния показателя IRI на среднюю скорость транспортных потоков, себестоимость перевозок и безопасность дорожного движения. Разработана экономико-математическая модель оптимизации плана ремонта дорожного покрытия по восстановлению его ровности и сцепных качеств.

Ключевые слова: IRI, средняя скорость транспортного потока, себестоимость перевозок, безопасность дорожного движения.

В рамках реализации приоритетного проекта по направлению стратегического развития Российской Федерации «Безопасные и качественные дороги» стартовали масштабные исследования состояния территориальной дорожной сети. Результатом такой диагностики являются данные о продольной ровности IRI и наличии дефектов на дорожном покрытии [1, 2].

Согласно приказу Министерства транспорта № 402 от 16 ноября 2012 г. «Об утверждении классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию дорог» выделяются различные группы ремонтных работ, целью которых является восстановление и обеспечение ровности и сцепных качеств покрытия.

Существующие подходы к планированию дорожно-ремонтных работ основаны на ведомственных дефектах, планировании по циклической системе работ, по критерию обеспеченности расчетной скорости движения, по «индексам соответствия» и т. д. не рассматривают показатель ровности IRI как основополагающий [3—5].

Возникает необходимость разработки методики формирования плана ремонтных работ по показателю ровности IRI для территориальной дорожной сети. Исходными данными для разработки методики послужили результаты диагностики территориальной дорожной сети Волгоградской области. В ходе диагностики, проводимой в 2019 г. ходовой лабораторией «Трасса», было обследовано 85 дорог II—IV технических категорий общей протяженностью 3985 км, определена протяженность автомобильных дорог, отвечающих нормативному состоянию по показателю продольной ровности IRI и дефектам проезжей части.

Результаты диагностики показали, что нормативному состоянию покрытия по продольной ровности отвечает 64 % территориальной дорожной сети Волгоградской области, а по наличию недопустимых дефектов на проезжей части — 83 %.

Рассмотренные выше показатели взаимосвязаны между собой и непосредственно влияют на скорость транспортных потоков и безопасность дорожного движения [6]. Статистическая обработка данных диагностики по административным районам Волгоградской области выявила линейную зависимость протяженности участков с недопустимыми дефектами дорожного покрытия и показателем IRI более допустимого (рис. 1). Коэффициент корреляции изменяется от 0,93 до 0,99 [7, 8].

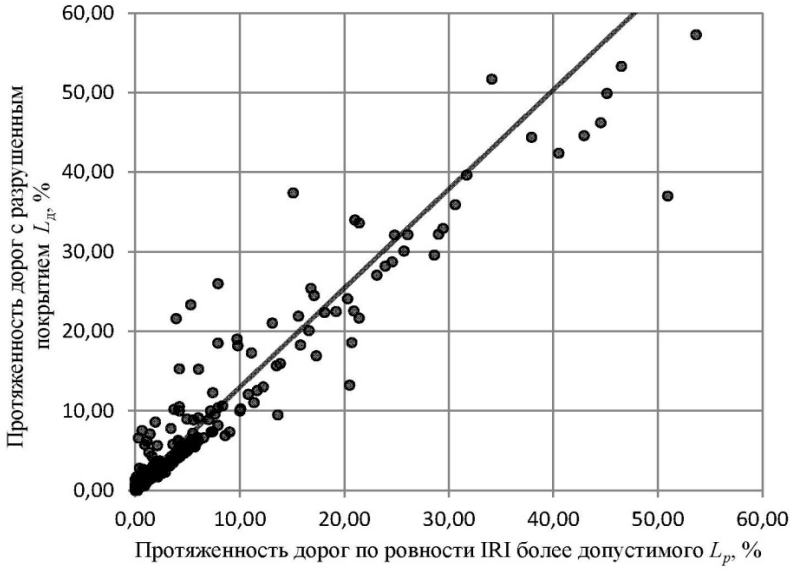


Рис. 1. Зависимость протяженности дорог с разрушенным покрытием от их протяженности с показателем ровности IRI более допустимого

Проведенные исследования показали, что среднее значение IRI зависит от протяженности разрушенных участков дороги и изменяется в диапазоне $2,39 \le \text{IRI} \le 7,24$ (рис. 2).

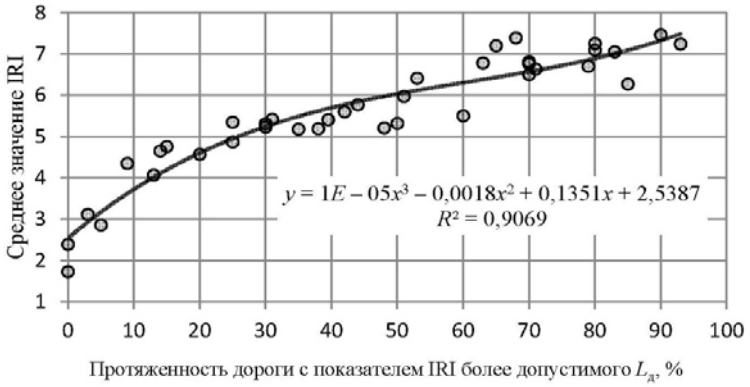


Рис. 2. Зависимость среднего значения IRI от протяженности дорог с низкой ровностью

Для оценки надежности дорожной сети по состоянию проезжей части исследовано влияние степени износа покрытия на законы распределения IRI. Подбор законов распределения ровности был выполнен для 38 дорог протяженностью от 3,78 до 94,6 км и износом от 4 до 93 %. Объем выборки варьировался от 73 до 1893 измерений [9]. Исследования подтвердили, что независимо от степени износа и протяженности дорог распределение показателя ровности описывается кривой Гаусса (рис. 3).

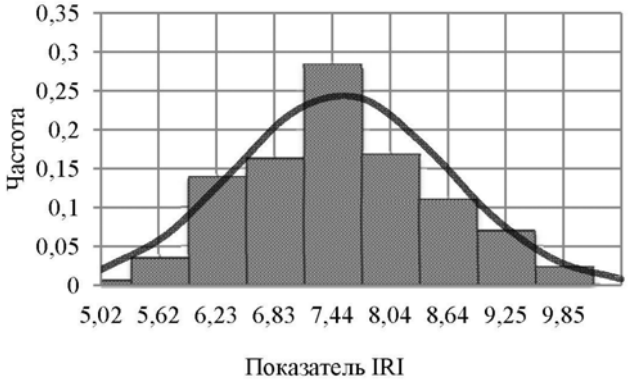


Рис. 3. Распределение показателя ровности IRI — автомобильная дорога «Иловатка (км 10) — Старая Полтавка — Гмелинка — Палласовка — Николаевск» — 62,08 км

Коэффициент вариации IRI зависит от протяженности дорог с показателем ровности, превышающим допустимые значения, и описывается формулой (рис. 4).

$$C_v = -8E-05L_p{}^2 + 0,0065L_p^2 + 0,2018; \quad R^2 = 0,73. \tag{1}$$

Наибольшая однородность покрытия (C_v = 0,14…0,17) характерна для вновь построенных и (или) реконструированных дорог (зона 1), когда степень износа близка к 0, а также для дорог с износом более 80 % (зона 3). Наибольшая неоднородность показателя ровности IRI наблюдается при износе от 20 до 70 %, когда наряду с разрушенными на проезжей части имеются и участки с низкой ровностью.

В основу модели оптимизации плана формирования ремонтных работ по показателю ровности IRI заложены социально-экономические потери на транспорте от снижения транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. Снижение транспортно-эксплуатационных качеств отражается суммой потерь, вызванных увеличением себестоимости перевозок грузов и пассажиров, потерь от роста дорожно-транспортных происшествий, увеличением времени пребывания пассажиров в пути, дополнительными капитальными вложениями в автомобильный транспорт и потребностями в оборотных средствах. При этом наиболее ощутимыми являются потери, связанные с увеличением себестоимости перевозок и потерь от дорожно-транспортных происшествий.

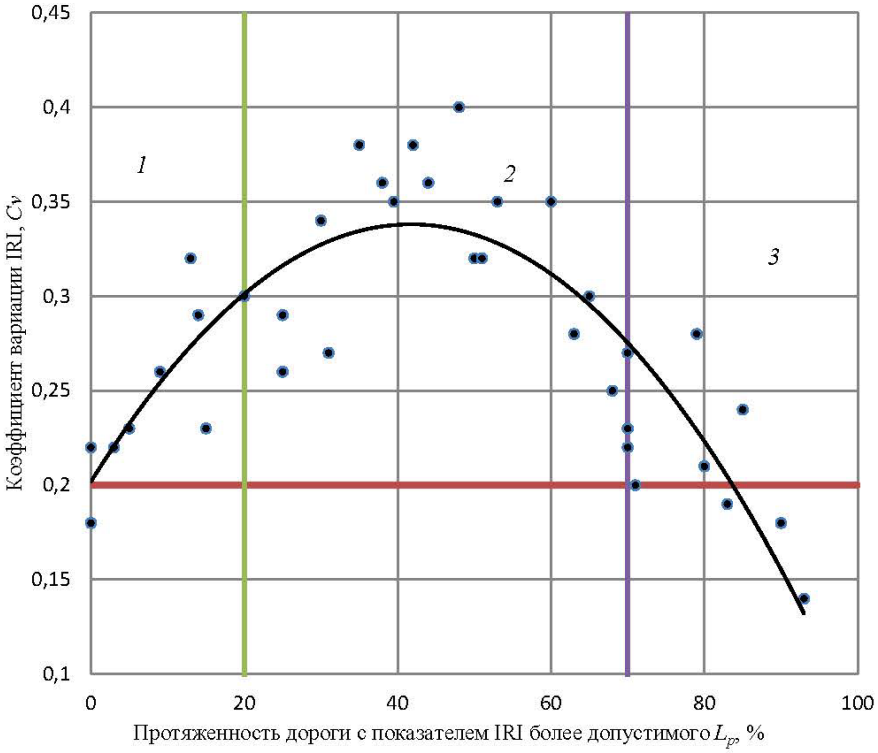


Рис. 4. Зависимость коэффициента вариации показателя IRI от износа проезжей части

Суммарные потери, связанные с ростом годовых затрат на себестоимость перевозок, зависят от состава транспортного потока и его средней скорости. Наблюдения за составом транспортного потока на территориальной сети дорог Волгоградской показали, что в среднем доля легковых автомобилей составляет 72,7 % от общего числа всех транспортных средств, автобусов — 3 %, грузовых автомобилей вместимостью 1…2 т — 8 %, 2…5 т — 4,5 %, 5…8 т — 6 % и свыше 8 т — 5,8 %.

Исследования зависимости средней скорости транспортного потока от ровности проезжей части представлены на рис. 5. Установлено, что увеличение показателя ровности IRI с 1,73 до 11,73 приводит к снижению средней скорости движения транспорта на территориальных дорогах Волгоградской области с 71,65 до 52,37 км/ч.

Согласно ОДМ 218.2.028—2012 годовые затраты на осуществление перевозок определяются по формуле:

$$C_{at} = 365\sum_{j=1}^{m} N_{jt} \cdot S_{jt} L, \qquad (2)$$

где N_{jt} — среднегодовая суточная интенсивность движения автомобилей j-го типа (j = 1, …, m), авт./сут.; m — кол-во принятых к рассмотрению типов автомобилей; L — протяженность участка дороги, км; S_{jt} — средняя себестоимость 1 авт.-км пробега автомобиля j-го типа руб./км.

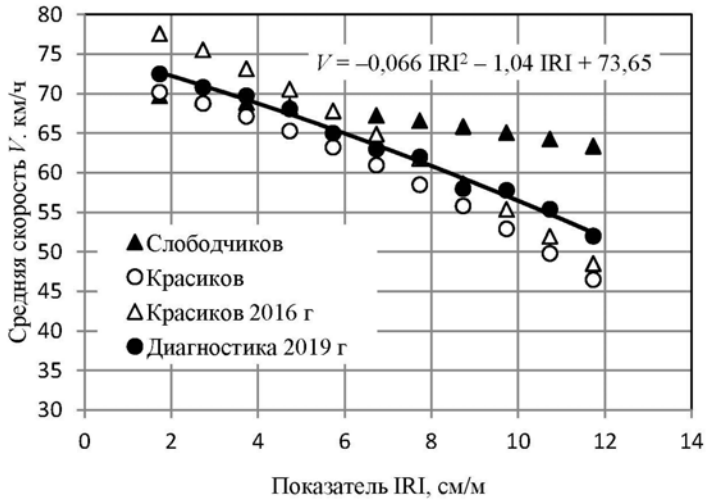


Рис. 5. Зависимость средней скорости транспортного потока от ровности проезжей части

Расчеты показали, что себестоимость автотранспортных перевозок в наибольшей степени зависит от и интенсивности движения (рис. 6).

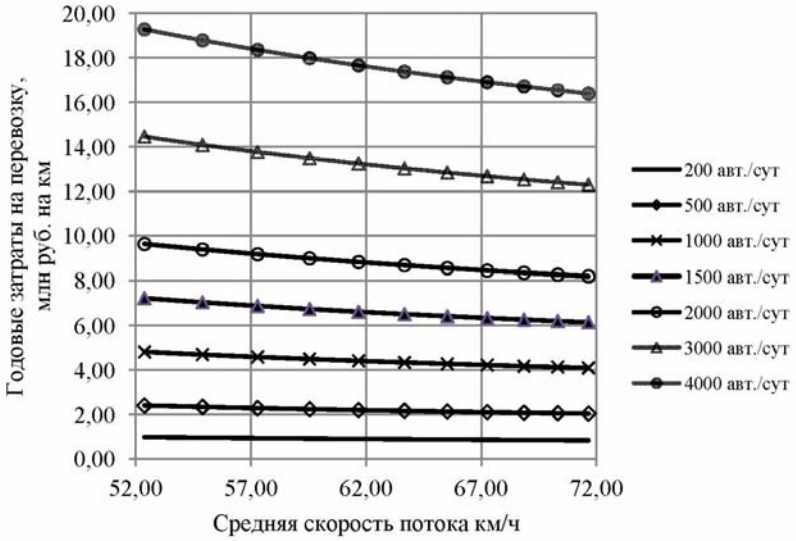


Рис. 6. Зависимость себестоимости перевозок от средней скорости транспортного потока при различной интенсивности движения (в ценах 2011 года)

В основе регрессионного анализа установлено, что фактические годовые затраты на перевозку прямо пропорциональны суточной интенсивности движения и показателю ровности IRI и обратно пропорциональны доле легковых автомобилей в потоке (3). Наибольшее влияние на формирование себестоимости перевозок оказывает интенсивность движения и состав транспортного потока.

$$C_{at}^{\Phi} = \frac{0,003 \cdot \mathrm{IRI}^{0,074} \cdot N^{1,006}}{\alpha^{0,8399}} \text{ млн руб./год,} \quad (3)$$

где IRI — показатель ровности см/км; N — интенсивность движения авт./сут.; α — доля легковых автомобилей в потоке.

Исследование А. Я. Эрастова, В. И. Бородина, А. Н. Нечаева, С. М. Жуносова показали, что влияние ровности покрытия на аварийность не имеет однозначного характера. При ухудшении ровности в начальный период наблюдается рост аварийности, а при дальнейшем накоплении дефектов покрытия ее снижение. Это явление объясняется психологическими особенностями поведения водителей. При незначительном количестве дефектов покрытия (до 30 %) водитель продолжает придерживаться высоких скоростей движения, что приводит к росту вероятности возникновения ДТП [10].

Расчеты показали, что при показателе ровности IRI в интервале от 5 до 6 наблюдается максимум функции потерь от дорожно-транспортных происшествий, а значит, и максимум показателя риска их возникновения (рис. 7). По мере накопления неровностей покрытия (нормативным значениям ровности не соответствует более 55 %) водители начинают интуитивно снижать скорость движения, тем самым уменьшая вероятность возникновения аварийной ситуации на дороге.

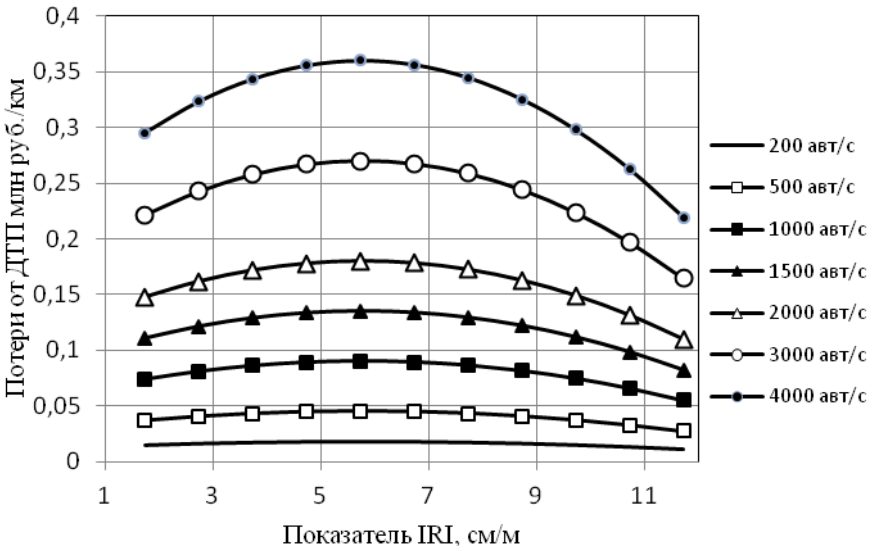


Рис. 7. Зависимость потерь от ДТП от ровности проезжей части при различных интенсивностях движения

Потери от дорожно-транспортных происшествий зависят от суточной интенсивности движения N и обратно пропорциональны ровности IRI:

$$D_t^{\Phi} = \frac{0,093 \cdot N}{\mathrm{IRI}^{0,094}} \text{ млн руб./год} \quad (4)$$

Проведенные исследования позволили разработать экономико-математическую модель оптимизации плана формирования ремонтных работ

по территориальной дорожной сети. Оптимизацию плана ремонтных работ целесообразно выполнять по условию минимизации суммарных приведенных затрат (P) за расчетный период (T):

$$P = \sum_{t=1}^{T} C + \sum_{t=1}^{T} \sum_{i=1}^{n} \left(C_{at_i} + D_{t_i} \right)_t \cdot k_t \to \min, \tag{5}$$

где n — количество автомобильных дорог; k — коэффициент дефляции; C — объем финансирования дорожно-ремонтных работ, млн руб.

Оптимальное распределение денежных средств по участкам региональной дорожной сети во времени осуществляется на основе компьютерного перебора вариантов финансирования в пределах выделенных бюджетных средств.

Предложенная экономико-математическая модель (5) позволяет упростить процесс формирования плана дорожно-ремонтных работ, направленных на восстановление ровности и сцепных качеств проезжей части территориальной дорожной сети.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стрижевский Д. А., Кочетков А. В., Янковский Л. В.* Исследование повышения безопасности дорожного движения путем учета индекса IRI и комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния // Техническое регулирование в транспортном строительстве. 2014. № 3(7). С. 13—28.

2. *Могильный К. В., Лушников Н. А., Красиков О. А.* Международный индекс ровности дорожных покрытий и его использование в странах таможенного союза // Дороги и мосты. 2013. № 1(29). С. 92—112.

3. *Красиков О. А., Косенко И. Н., Касымов У. Ш.* Обоснование упрощенного критерия в системе управления дорожными активами // Дороги и мосты. 2018. № 1(39). С. 2.

4. *Васильев А. П.* Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог. М. : Информавтодор, 2004. 1192 с.

5. *Кривко Е. В., Базов В. В.* Особенности планирования мероприятий по проведению дорожно-ремонтных работ // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения. Международный сборник научных трудов. Хабаровск, 2017. Т. 17. С. 161—167.

6. *Лушников Н. А., Лушников П. А.* О взаимосвязи некоторых показателей продольной ровности дорожных покрытий // Дороги и мосты. 2018. № 1(39). С. 12.

7. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Высшая школа, 2005. С. 479

8. *Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.* Теория вероятностей и ее инженерное приложение. М. : Высшая школа, 2000. С. 480

9. *Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.* Прикладные задачи теории вероятностей. М. : Радио и связь, 1983. С. 416.

10. *Чванов В. В., Стрижевский Д. А.* Исследование влияния продольной ровности поверхности дорожного покрытия на безопасность дорожного движения // Дороги и мосты: сборник ст. ФГУП РосдорНИИ. Вып. № 21/1. М., 2009.

© Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Альшанова М. И., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Влияние ровности дорожного покрытия на себестоимость перевозок и безопасность движения / С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, М. И. Альшанова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 24—31.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, AL34rus@mail.ru

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, dima.0103@mail.ru

Альшанова Марина Игоревна — магистрант кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Sergei V. Aleksikov, Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman, Marina I. Alshanova

Volgograd State Technical University

THE INFLUENCE OF ROAD SURFACE EVENNESS ON THE COST OF TRANSPORTATION AND TRAFFIC SAFETY

Existing approaches to planning road repairs do not take into account the international level indicator IRI. Currently, a large-scale diagnostics of the road network is being carried out based on the index of longitudinal evenness and the presence of coating defects. The reliability of the road network based on the condition of the pavement was performed on the basis of the diagnostic materials processing and the laws of distribution of the IRI evenness index with different degrees of roadway wear were established. The functional dependencies between the IRI indicator and the length of the destroyed sections were studied in the study. The established dependencies allowed us to determine the degree of influence of the IRI indicator on the average speed of traffic flows, the cost of transportation and road safety. An economic and mathematical model has been developed for optimizing the road surface repair plan to restore its evenness and grip qualities.

K e y w o r d s: IRI, average speed of traffic flow, average-cost of transportation, road safety.

For citation:

Aleksikov S. V., Leskin A. I., Gofman D. I., Alshanova M. I. [The influence of road surface evenness on the cost of transportation and traffic safety]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 24—31.

About authors:

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, 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

Andrei I. Leskin — Candidate of Engineering Sciences, 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

Dmitrii I. Gofman — Senior Lecturer of Construction and Operation of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, dima.0103@mail.ru

Marina I. Alshanova — 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 625.7/.8

М. М. Девятов, П. П. Олейников

Волгоградский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ДОМИНАНТНЫХ АКЦЕНТОВ ВИЗУАЛЬНО-ОРИЕНТИРУЮЩЕГО И ПАТРИОТИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА В ОБУСТРОЙСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В статье рассмотрен опыт использования теоретических основ, проектирования и строительства доминантных объектов архитектурного обустройства автомобильных дорог, ориентированный на формирование визуально-ориентирующего и патриотического воздействия на участников дорожного движения. На основе опыта сформирована система образных эталонных объектов для учета при проектировании системы архитектурного обустройства автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильные дороги, архитектурная доминанта, патриотизм, проектирование, дорожный знак, мировоззренческое воздействие, эталонный объект.

В принятой в марте 2020 г. Транспортной стратегии России до 2035 года сформулированы пять основных целей, в числе которых — обеспечение безопасности транспортного комплекса[1]. Кроме того, еще одним трендом стратегии является цифровизация транспортного комплекса[2]. При этом, как показывает российский и зарубежный опыт, в вопросах безопасности транспортного комплекса свою немаловажную роль играет визуально-ориентирующее и информационно-эстетическое оформление автомобильных дорог и придорожного пространства, а также формирование системы индикаторов для описания этой среды в составе цифровой дорожно-транспортной инфраструктуры городской среды[3] [1—5].

Именно этим вопросам посвящены многолетние исследования, проводимые на кафедре ИПТС ВолгГТУ. Они выделены в комплексное направление, объединяющее в себе вопросы совершенствования архитектурно-эстетического оформления автомобильных дорог, на основе моделирования информационно-эстетического воздействия на участников дорожного движения с учетом методологии формирования системы индикаторов цифровой дорожно-транспортной инфраструктуры городской среды. Результаты этих исследований отражены в ряде следующих публикаций [6—9]. Кроме того, они также нашли практическое внедрение при проектировании и возведении многочис-

[1] Правительство одобрило проект транспортной стратегии до 2035 года. URL: https://ria.ru/20200328/1569275325.html.

[2] С цифрой по пути. Транспортной отрасли готовят план развития до 2035 года // Российская газета — Федеральный выпуск. № 57(8111).

[3] ВСН 18—84. Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог // Минавтодор РСФСР. М. : Транспорт, 1985. С. 47.

Методика формирования индекса качества городской среды // Распоряжения Правительства РФ от 23.04.2019. № 510-р. URL: http://docs.cntd.ru/document/553937399.

В России появился стандарт «Умного города». URL: http://www.minstroyrf.ru/press/v-rossii-poyavilsya-standart-umnogo-goroda.

ленных объектов архитектурного обустройства дорог Волгоградской области, которые в составе этого обустройства играют доминантную роль [10—14].

В настоящее время растущая потребность в цифровизации транспортного комплекса, а также накопленный нами опыт в результате проектирования и строительства более 100 объектов на дорогах Волгоградской области за период с 1980 по 2017 г. позволяет провести системный анализ опыта их проектирования и устройства. Он необходим для формирования банка данных по эталонным доминантным архитектурным объектам с целью создания системы индикаторов цифровой дорожно-транспортной инфраструктуры городской среды[4] [8].

Такой анализ выполнен с двух точек зрения. Во-первых, с точки зрения создания (формирования) в их облике тематики и особенностей отображения целевого патриотического, мировоззренческого воздействия. Во-вторых, с точки зрения характера придания доминантности и вида ее воздействия на водителей и других участников дорожного движения. При этом под характером доминантности предлагается понимать вид (характер) эмоционального воздействия. Так, например, прилегающая к дороге местность может воздействовать на водителя в процессе движения по дороге усыпляюще — в результате ее монотонности и однообразия (степной рельеф, отсутствие интересных объектов и т. п.), создавая тем самым эффект, получивший название сенсорного голода или «дорожного гипноза» [3]. Или, наоборот, в процессе движения наблюдается перенасыщенность придорожного пространства разнообразными объектами, беспокойным рельефом, растительностью и т. п., создающими большой объем информационных потоков. Это может вызывать повышенную утомляемость, раздражительность и, как следствие, негативное влияние на уровень безопасности дорожного движения на участках дорог с такими условиями. В таких случаях должен быть дифференцированный подход к проектированию доминантных объектов. Об этом указывается в соответствующих исследованиях [3, 6, 7, 9, 10], которые рекомендуют придавать доминантным объектам «активизирующий» воздействия в первом случае и «спокойный» характер во втором случае.

С учетом изложенных теоретических положений проведем анализ опыта проектирования и строительства объектов архитектурного обустройства дорог Волгоградской области с точки зрения формирования в их облике тематики и особенностей отображения целевого патриотического, мировоззренческого воздействия, а также использования для этого различного характера доминантности и вида воздействия на водителей и других участников дорожного движения.

Каждый водитель, выезжая из Волгограда по московской трассе, обязательно обращает внимание на скромный, но как бы написанный кровью дорожный знак, указывающий направление движения на Солдатское поле (рис. 1). К сожалению, не многие проезжающие, озабоченные своими ежедневными проблемами, поворачивают к этому полю. Но те, кто, повинуясь зову сердца и памяти, отбрасывают постоянную, присущую сегодняшнему быстротечному времени суетливость и заезжают на это знаменательное ме-

[4] Методика формирования индекса качества городской среды // Распоряжения Правительства РФ от 23.04.2019. № 510-р. URL: http://docs.cntd.ru/document/553937399.

сто, получают огромный заряд патриотизма, гордости своими старшими братьями — солдатами Великой Отечественной войны, отдавшими свою жизнь за Родину и помнившими даже в самые трагические минуты своей жизни о будущем нашей великой страны и ее детей. Их память 45 лет назад, в 1975 юбилейном для Дня Победы году, увековечена на этом поле, несшем в себе когда-то смертельную опасность многочисленных, сохранившихся десятилетия остатков войны (рис. 2, 3).

Рис. 1. Дорожный указатель «Солдатское поле» на автодороге М-6 «Каспий»

Рис. 2. Памятник на Солдатском поле

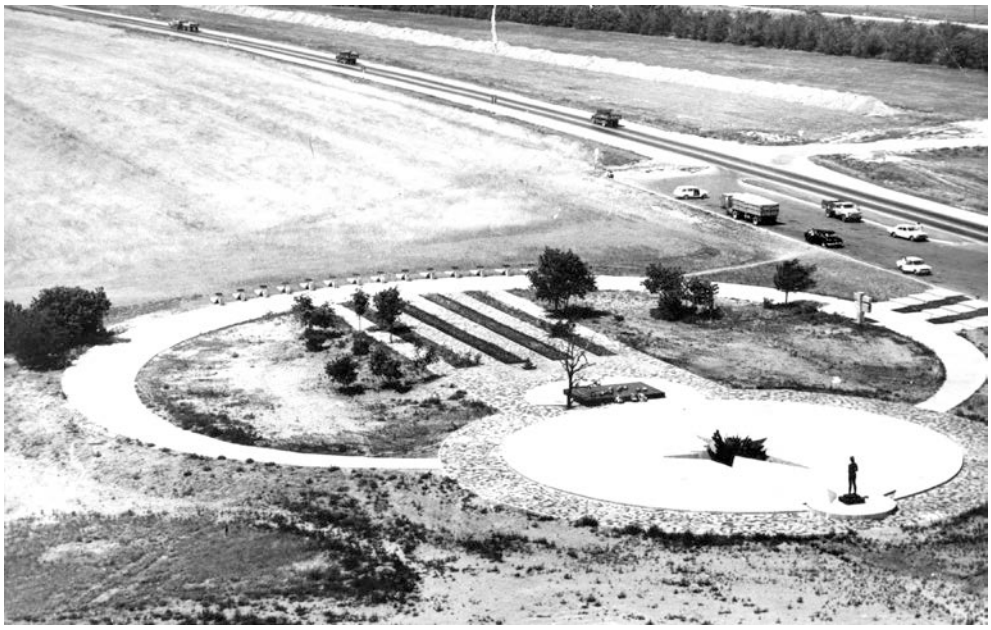


Рис. 3. Общий вид Солдатского поля, 1970-е гг. Авторы мемориала: В. А. Катунин (автор идеи), Л. М. Левин (архитектор), А. Е. Криволапов (скульптор), А. С. Денисов (организатор строительства)

Она увековечена во многом благодаря активистам студенческих строительных отрядов, силами которых был возведен этот поистине трогательный и, пожалуй, самый впечатляющий памятник из тех, которые в те годы возводились силами студентов в различных уголках Волгоградской области. Не прошла даром эта патриотическая работа для тогдашних студентов будущих строителей, архитекторов и дорожников, которые пришли к осознанию потребности воплощать идеи патриотического воспитания через строительные объекты (рис. 4). Так появилось и развивается целое направление проектирования и строительства архитектурных дорожных знаков, которые несут в себе не только информационное, но и глубокое воспитательное и нравственное значение (рис. 5).

Рис. 4. Студенческий строительный отряд «Зодчий-74» на строительстве памятного знака комсомольцам-добровольцам Камышина. Архитектор В. Дроботов

Рис. 5. ССО «Волгоград» работал на родине А. Ю. Гагарина в деревне Клушино

Архитектурный памятник является основным элементом культурного наследия. Именно он является связующим звеном между цивилизациями, общественными структурами и непосредственно поколениями людей. Памятники архитектуры оказывают влияние на формирование социальной среды и общественных ценностей. Архитектурные объекты всегда использовались как ключевой элемент всех ранее созданных и создаваемых идеологических систем, поскольку именно они демонстрировали незыблемость и несокрушимость провозглашаемых социально-значимых ценностей. Они выступают своего рода символическими ориентирами эпохи [12].

Традиции информировать путешественников при въезде или входе в населенный пункт сложились давно. Еще в древности на главной дороге, ведущей в город, обычно устанавливали большой камень с выбитым на нем названием или вообще без надписи. Очень хорошо это представлено на знаменитой картине В. Васнецова «Витязь на распутье [13].

С развитием транспортных сетей, особенно автомобильного сообщения, появляется потребность в передаче и получении дополнительной информации о встречающихся на путях следования населенных пунктах. В этой связи на въезде практически в каждый населенный пункт стали устраивать архитектурно-декоративные элементы — въездные знаки. Постепенно выработались и основные требования к этим объектам, заключающиеся в том, что они должны нести не только информацию о наименовании населенного пункта, но и воспитательное воздействие на проезжающих. В результате и форма, и элементы, и цветовая гамма, используемые при проектировании въездных знаков, стали нести в себе информацию об истории, культуре, традициях территории, по которой проходит дорога.

Как правило, въездной знак выполняется по индивидуальному проекту, т. к. в каждом конкретном случае необходимо учитывать место его установки, особенность восприятия и взаимосвязь с окружающей средой. Сложились определенные требования к обеспечению архитектурно-художественного восприятия въездных знаков, устраиваемых на автомобильных дорогах. Учитывая высокую скорость движения транспорта, въездной знак должен быть простым и лаконичным, содержание информации на нем должно легко восприниматься. Одновременно его художественный образ должен оригинальным образом отражать особенности прилегающей территории и нести в себе элементы патриотического воспитания.

В нашем регионе большое внимание к строительству въездных знаков было уделено в 70-е годы прошлого века, в то время возведено немало интересных в архитектурно-художественном и патриотическом отношении объектов такого типа. Можно отметить въездные знаки в г. Волжском (автор П. Малков), рис. 6, в г. Волгограде (архитектор Г. Коваленко, скульптор В. Фетисов), рис. 7, в г. Камышине и некоторые другие. Рассматривая малые

архитектурные формы как элементы обустройства въездов в города и поселки, нельзя забывать о роли исторических мест или памятников, расположенных вблизи автомобильных дорог и несущих важную смысловую и воспитательную функцию территории. Одним из таких памятников является Царицынская сторожевая линия, возведенная между Волгой и Доном, — это крупнейшее фортификационное сооружение Европы XVIII в., т. е. в 2020 г. исполняется ровно 300 лет со дня ввода ее в эксплуатацию. Земляные насыпи сторожевой линии мы и сейчас можем наблюдать в междуречье. В Городищенском районе заслуженный архитектор РФ В. П. Калиниченко спроектировал памятный знак на Царицынской сторожевой линии, который стал важным архитектурным элементом обустройства автодорог, несущим еще и исторический подтекст. Автор выполнил проект памятного знака из железобетона в виде поперечного разреза защитного вала с площадкой для стрельбы, бруствера, откоса и рва в сторону предполагаемого противника. Здесь устроена стела-панно с информацией о древнем сооружении и предусмотрено устройство остановочной площадки, на которой гости нашего региона могут ознакомиться с историческими достопримечательностями (рис. 8).

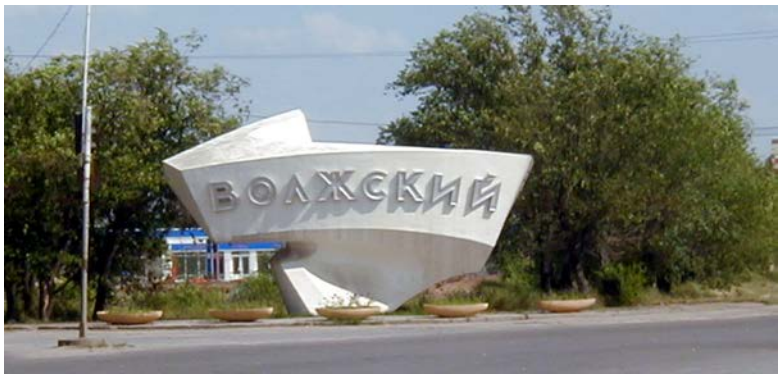


Рис. 6. Въездной знак в г. Волжском. Автор — скульптор, народный художник РФ П. Л. Малков

Рис. 7. Въездной знак на автодороге «Волгоград — Шахты». Архитектор Г. Коваленко, скульптор В. Фетисов, 1977 г. [5][20]

[5] Скульптура заслуженного художника РСФСР Виктор Георгиевича Фетисова. Волгоград : Волгоградская правда, 1988.

Рис. 8. Памятный знак Царицынской сторожевой линии. Архитектор В. Калиниченко, художник А. Проценко, 1981 г.

Экономические и политические преобразования в России 90-х годов, к сожалению, отодвинули на задний план вопросы архитектурно-художественного обустройства автомобильных дорог, несущего в себе элементы патриотического воспитания. Сегодня эта потребность ощущается с новой, утроенной силой [13]. Поэтому особенно важна та работа, которая ведется в этом направлении на протяжении последних сорока лет Волгоградским архитектурно-строительным университетом, затем Институтом архитектуры и строительства ВолгГТУ (кафедры архитектуры зданий и сооружений и изысканий и проектирования транспортных сооружений) и Учебно-научно-производственным предприятием ООО «Аспект». Их силами разработана и реализуется не только конструкция и технология строительства архитектурно-декоративных въездных знаков, отвечающая реалиям сегодняшнего дня, но и выработан определенный архитектурный стиль, характерный для большинства построенных в последнее время въездных знаков, а именно — вертикальная стела в тех или иных модификациях, горизонтальное панно с информацией об административном районе или населенном пункте и геральдическое или тематическое панно, отражающее историческую или хозяйственно-экономическую роль данного региона. Причем смысловую нагрузку несет в себе не только панно, но и каждый из элементов, используемых в знаке. Важнейшей составляющей при решении архитектурного образа объекта является учет героического прошлого того района или поселения, где он проектируется, концепция героизации при этом является определяющей.

К примеру, въездные знаки «Волгоградская область», «Калачевский район» отличаются лаконичностью архитектурных форм, четкостью информации, в то же время им присущ и некоторый динамизм (рис. 9, 10). Въездной знак «Волгоградская область» выполнен в виде стилизованной звезды как напоминание о героическом прошлом региона (звезда — воинский символ). Стилизованное изображение речной волны и колоса также характеризуют особенности нашего региона. На тематическом панно въездного знака «Калачевский район» также присутствуют символы района — развитое земледелие, наличие механических заводов и речных водоемов. В верхней части стелы — серп и молот как реалии нашего недавнего прошлого.

Рис. 9. Въездной знак на границе с Саратовской областью в Камышинском районе. Подрядная организация УНПП ООО «Аспект». Архитекторы П. Олейников, А. Девятова, инженеры Ю. Вильгельм, В. Ильинов, 2003 г.

Рис. 10. Въездной знак в Калачевский район. Архитекторы П. Олейников, А. Девятова, 1989 г.

Несколько иной архитектурный подход прослеживается в построенных въездных знаках «Дубовка» и «Волгоградская область» (на границе с Казахстаном), рис. 11, 12. Въездной знак «Дубовка» был запроектирован к 260-летию основания города. Это один из старейших городов области, выполнявший в свое время роль форпоста на пути российских недругов. Отсюда — стилизованное изображение крепостной стены на информационном панно, где также выполнена старославянским шрифтом надпись «Дубовка» с указанием даты основания города. Над информационным панно расположено чеканное панно с изображением официального герба города. Контуры въездного знака напоминают рукоятку старинного меча, что также свидетельствует о славном прошлом города и несет в себе патриотическую направленность в информационном придорожном поле. Требования, предъявляемые к въездному знаку на границе между Россией и Казахстаном, определялись также местом его расположения. На стеле, символизирующей два объединенных стилизованных винтовочных штыка, высотой 9 метров, в ее верхней части изображен государственный герб Российской Федерации, ниже — надпись «Россия». В нижней части стелы, на фоне стилизованного изображения взрыва (напоминание о военном героическом прошлом нашего края), размещено чеканное панно с надписью «Волгоградская область». Оба въездных знака отличаются статичностью, монументальностью, и в то же время им присуща некоторая легкость в восприятии.

По заказу администрации Волгоградской области на федеральной дороге «Каспий» на границах Волгоградской области с Воронежской и Астраханской областями выполнены новые въездные знаки, которые в своей архитектуре и символике также несут глубоко патриотический смысл (рис. 13—15). При изготовлении знаков использованы высококачественные строительные и

отделочные материалы — сборный железобетон, для исполнения мозаичных панно применена морозостойкая керамическая плитка со связующем на основе белого цемента и клея ПВА. Как показал наш опыт, и через тридцать лет эксплуатации въездные знаки, выполненные по такой технологии, сохраняют свои эстетические качества.

Рис. 11. Въезд в г. Дубовка. Подрядная организация УНПП ООО «Аспект». Архитекторы П. Олейников, А. Девятова, инженер В. Олейников, художник Ю. Колышев, 1999 г.

Рис. 12. Въезд в Россию из Казахстана. Подрядная организация УНПП ООО «Аспект». Архитекторы П. Олейников, А. Девятова, художник Ю. Колышев, инженеры Ю. Вильгельм, А. Боярский, 1998 г.

Рис. 13. Въездной знак на границе с Астраханской областью в Ленинском районе. Подрядная организация УНПП ООО «Аспект». Архитекторы П. Олейников, А. Девятова, 2007 г.

Рис. 14. Въездной знак на границе с Астраханской областью в Светлоярском районе. Подрядная организация «УНПП ООО Аспект». Архитекторы П. Олейников А. Девятова. 2007 г.

Рис. 15. Въездной знак на 642 км автодороги М-6 «Каспий» на границе с Воронежской областью. Подрядная организация УНПП ООО «Аспект». Архитекторы П. Олейников, А. Вязьмин, конструктор Ю. Вильгельм, 2006 г.

К столетию со дня рождения легендарного летчика, нашего земляка А. Маресьева, администрация Камышина установила новый знак при въезде в город. Его архитектурно-дизайнерское решение тесно связано идеей патриотического характера как напоминание о том подвиге, который совершил во время Великой Отечественной войны наш земляк. Теперь любому проезжающему содержание въездного знака каждый раз будет напоминать, что он находится на родине А. Маресьева (рис. 16).

Рис. 16. Въездной знак «Родина Маресьева Камышин», 2019 г.

Последние десятилетия студенты Горхоза неизменно проходят производственную практику в Учебно-научно-производственном предприятии ООО «Аспект», которая включает изучение технологических процессов дорожной, строительной и архитектурной деятельности. Студенты участвуют и в проектной работе, сначала разрабатывая идеи, а затем, во время летней производственной практики, их реализуя. Тем самым они вовлекаются в решение проблем эстетического, нравственного и патриотического воспитания при проектировании, в том числе и архитектурных въездных знаков. Итогом такой совместной деятельности является сооружение на автомобильных дорогах Волгоградской области с 1980 г. более 60 капитальных въездных знаков в города и поселения, въезды в Волгоградскую область, в муниципальные районы и т. п. [14]. Это сформировало свой определенный положительный архитектурно-художественный и эстетический облик придорожной обстановки в нашем регионе.

Недавно совместно с Чапурниковским муниципальным образованием Светлоярского района, факультетом архитектуры и градостроительного развития ИАиС ВолгГТУ был проведен архитектурный конкурс на разработку памятного знака «Светлоярский район — перекресток цивилизаций». В Светлоярском районе с большим интересом и уважением относятся к своей истории, активно пропагандируя идею Великого шелкового пути, проходящего в древности по территории района. Было решено на въезде в район со стороны Волгограда установить такой знак, его закладка была произведена еще в 2004 г. Эта идея и была реализована студентами-архитекторами Л. Несмияновым и В. Кувакиным, которые под руководством профессора П. П. Олейникова разрабатывали проект и реализовывали в летнее время этот важный объект на автомобильной дороге «Волгоград — Элиста». Студенты выполняли всю работу, начиная от устройства опалубки, изготовления арматурных каркасов до бетонирования, монтажа конструкций и отделочных работ.

Апофеозом стал праздник открытия памятного знака, на котором были награждены студенты Института архитектуры и строительства ВолгГТУ, участвовавшие в проектных и строительных работах (рис. 17, 18).

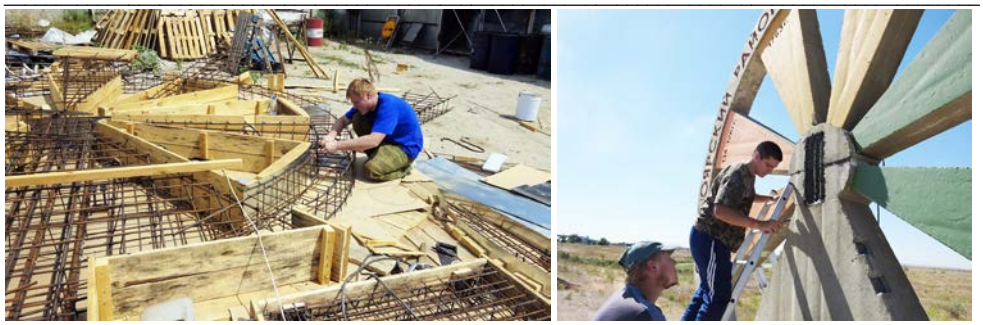


Рис. 17. Строительство памятного знака «Светлоярский район — перекресток цивилизаций». Подрядная организация ООО «Аспект-Дорзнак». Архитекторы-строители профессор П. Олейников, студенты-архитекторы В. Кувакин, Л. Несмиянов, инженер Ю. Вильгельм, 2017 г.

Рис. 18. Районный праздник в честь открытия памятного знака «Светлоярский район — перекресток цивилизаций», 2017 г.

Аналогичным образом на основе описанных выше теоретических положений [7—9] и с использованием метода экспертных оценок проведен анализ возможного доминантного и мировоззренческого воздействия на участников движения объектов архитектурного обустройства автомобильных дорог. В результате рассмотрения помимо описанных в настоящей статье более чем 60 аналогичных объектов сформирована система образных эталонных объектов, представленная в таблице. Она предлагается для использования при описании в цифровом виде характера соответствия существующего обустройства эталонным представлениям, а также для учета при проектировании системы архитектурного обустройства автомобильных дорог.

Виды эталонных (сравнительных) доминантных элементов архитектурного обустройства автомобильных дорог и характер их воздействия на участников дорожного движения

I группа — «активизирующие»				II — группа «спокойные»			
	Общий вид	Характер воздействия			Общий вид	Характер воздействия	
		Доминантное	Мировоззренческое			Доминантное	Мировоззренческое
1	2	3	4	5	6	7	8
		Активизирующее внимание за счет вертикального расположения информации. Экспрессия в архитектуре знака — как символ движения на скоростной автомагистрали	**Патриотическую направленность** символизируют стилизованное изображение крепостной стены, старославянский шрифт, дата основания и герб города. Контуры знака в виде рукоятки старинного меча			**Спокойное** восприятие за счет привычного горизонтального расположения информации на тематических панно, уравновешенная композиция	**Патриотическую направленность** характеризуют присутствие в символике знаков звезды героя, Родины-матери. Исторические и культурные особенности представлены официальным гербом Волгоградской области

Таким образом, разработанные теоретические положения формирования ориентирующего и мировоззренческого воздействия при проектировании и строительстве элементов обустройства автомобильных дорог, а также анализ накопленного опыта их внедрения позволяет сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика формирования архитектурно-ландшафтного и эстетического облика дороги с учетом создания визуального ориентирования и мировоззренческого воздействия нашла широкое внедрение на автодорогах Волгоградской области в виде духовно-патриотического направления при проектировании и строительстве информационных архитектурно-декоративных дорожных знаков.

2. Анализ опыта проектирования и строительства таких объектов показал, что на дорогах Волгоградской области сформирован комплекс доминантных объектов, обладающих определенными возможностями визуально-ориентирующего и мировоззренческого воздействия на участников дорожного движения, сформированными в процессе проектирования этих объектов с учетом условий движения транспортных потоков и разнообразных характеристик прилегающей местности.

3. В рассмотренных архитектурных объектах в составе обустройства автомобильных дорог использованы различные архитектурные приемы и образы, другие акценты, несущие в себе целенаправленное, визуально-ориентирующее и патриотическое воздействие на участников дорожного движения.

4. Обобщение опыта создания возможного характера воздействия доминантных объектов на участников дорожного движения позволило сформировать систему образных эталонных объектов. Она предлагается для использования при описании в цифровом виде характера соответствия существующего обустройства эталонным представлениям, а также для учета при проектировании системы архитектурного обустройства автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Горбак Д. Р.* Архитектурно-ландшафтное проектирование автомобильных дорог // Автомобильные дороги. М., 1980. № 8.

2. *Коноплянко Е. М.* Информация в дорожном движении. М. : МАДИ, 1987. С. 65.

3. *Лобанов Е. М.* Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. М. : Транспорт, 1980. 312 с.

4. *Prinz D.* Gestaltung von Strassen und Strassenräumen // Städtebau. Städtebauliches Gestalten. Kohlhammer. Architektur. Aufgabe, 1997. Band 2.

5. *Baier R., Ackva A., Baier M.* Strassen und Plätze neu gestaltet : Beischpiele aus der Praxis // Druckerei J. P. Bachem Gmbh, Köln, August 2000.

6. Учет методов визуального воздействия на участников движения при модернизации автомобильных дорог / М. М. Девятов, О. В. Кузьмина, М. В. Чернецов, Д. Ю. Чумаков // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2004. № 4. С. 63.

7. *Девятов М. М.* Принципы формирования информационно-эстетических качеств автомобильных дорог // Архитектура и строительство России. 2008. № 5. С. 22—29.

8. Формирование системы индикаторов визуальной информационно-эстетической модели для цифровой дорожно-транспортной инфраструктуры городской среды / М. М. Девятов, В. С. Волков, И. М. Вилкова, О. В. Гагулина // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 1. С. 67—77.

9. Методика формирования архитектурно-ландшафтного и эстетического облика дороги для повышения удобства и безопасности движения / М. М. Девятов, В. С. Волков, О. В. Гагулина, Д. А. Щебетко // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2020. № 1. С. 77—92.

10. Разработка рекомендаций по архитектурному оформлению дорог Волгоградской области с целью повышения безопасности движения / Коллектив авторов, рук. М. М. Девятов // Отчет о хоздоговорной НИР. № гос. регистрации 01870026911. Волгоград, 1989, 200 с.

11. *Олейников П. П.* Архитектурное оформление автодорог Волгоградской области // Транспорт и дорожное хозяйство: проблемы регионов и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Волгоград, 8 дек. 2017 г. Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2017. С. 148—156.

12. *Назарова М. П.* Информационный потенциал памятников городской архитектуры // Социология города. 2009. № 2. С. 41—45.

13. *Олейников П. П.* Въезды в город. История. Перспективы // Проект 34. 2008. № 1. С. 6.

14. *Матовников С. А.* Знаки на дорогах // Нстиль недвижимость. 2008. № 8. С. 22—23.

© Девятов М. М., Олейников П. П., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Девятов М. М., Олейников П. П. Формирование архитектурных доминантных акцентов визуально-ориентирующего и патриотического характера в обустройстве автомобильных дорог // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 32—46.

Об авторах:

Девятов Михаил Михайлович — канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

Олейников Петр Петрович — канд. техн. наук, профессор, директор Информационного музейно-выставочного центра, член Союза архитекторов РФ, почетный архитектор РФ; Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, poleynikov@mail.ru

Mikhail M. Devyatov, Petr P. Oleinikov

Volgograd State Technical University

FORMATION OF ARCHITECTURAL DOMINANT ACCENTS OF VISUAL-ORIENTING AND PATRIOTIC CHARACTER IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMOBILE ROADS

The article discusses about the experience of using the theoretical foundations, design and construction of dominant objects of architectural arrangement of roads, focused on the formation of a visual-orienting and patriotic impact on road users. Based on the experience, a system of figurative reference objects was formed to be taken into account when designing a system of architectural arrangement of roads.

K e y w o r d s: roads, architectural dominant, patriotism, design, road sign, philosophical impact, reference object.

For citation:

Devyatov M. M., Oleinikov P. P. [Formation of architectural dominant accents of visual-orienting and patriotic character in the development of automobile 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], 2020, iss. 2, pp. 32—46.

About authors:

Mikhail M. Devyatov — Candidate of Engineering Sciences, Professor, the Head of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

Petr P. Oleinikov — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Director of the Informational Museum-Exhibition Center, the member of the Union of Architects of the Russian Federation, Architect of Honour of the Russian Federation; 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, poleynikov@mail.ru

УДК 665.6/.7:625.8

О. Н. Кузнецова [а]***, А. Г. Тимофеев*** [б]***, Е. В. Федулова*** [б]***, В. А. Шавырина*** [б]***,***
А. А. Шульженко [б]***, Ш. Ш. Абдусаламов*** [б]

[а] ***Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина***
[б] ***Волгоградский государственный технический университет***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ НЕФТЕ- И ГАЛЬВАНООТХОДОВ

Рассмотрены результаты исследования свойств отходов нефтепереработки и гальванического хромирования с целью перевода их во вторичное сырье и дальнейшего применения полученного продукта в дорожно-строительной индустрии. В результате полученных данных разработан и внедрен в различные области дорожно-строительного производства метод с использованием ПЕКа — продукта взаимодействия нефти и гальваноотходов, в составах горячих полимербитумных и гидроизоляционных мастик, а также в качестве вулканического агента на основе хлорсульфированного этилена и хлоропренового каучука, которые находят применение в различных областях дорожно-строительной отрасли. Полученные положительные результаты показали целесообразность проведения эксперимента. Решена задача по снижению загрязнения окружающей среды и по стоимостным показателям гидроизоляционного материала для кровельных работ.

Ключевые слова: переработка нефти, нефтеотходы, дорожно-строительная индустрия, присадка ОПЭФО, хромовая кислота, гальваническое хромирование, полимербитумные мастики, кровельные работы.

В работе представлены результаты исследований с отходом производства присадки ОПЭФО.

Присадка ОПЭФО — продукт реакции ароматических углеводородов, содержащихся в остаточных экстрактах очистки масел с изобутиловым спиртом, окисью цинка и гидратом окиси бария. В ОПЭФО содержатся органические структуры (табл. 1), устойчивая в рассматриваемой системе в присутствии неотъемлемого компонента масляной фракции на основе индустриального масла ИД-20[1] [1—7].

Таблица 1

Химический состав фракций ОПЭФО

Химический состав	Содержание компонентов, %
Неорганическая часть	22,22
Ba^{+2}	3,72
Zn^{+2}	18,5
Органическая часть	77,78
Парафино-нафтеновые углеводороды	36,18
Легкие ароматические углеводороды	21,0
Средние ароматические углеводороды	—
Тяжелые ароматические углеводороды	2,8
Сумма ароматических углеводороды	13,8
Смолы I	17,8
Смолы II	—
Сумма смол	—

[1] Научно-исследовательские работы по утилизации шлама после очистки промышленных стоков и разработка рабочей технологии утилизации. Вильнюс : ВНИИТеплоизоляции, 1983.

Состав ОПЭФО, содержащий органические и неорганические компоненты, определяли с использованием приборов:

- хроматограф «Цвет-800М», «Helios-a»;
- автоматический титратор «Metler-Toledo»;
- анализатор рентгеноскопический «Mineral».

Учитывая то, что органические соединения, вводимые в раствор хромовой кислоты, определенным образом влияют на структуру и физико-химические свойства получаемых растворов, было изучено влияние избранного органического вещества на плотность, электропроводность, вязкость и поверхностное натяжение растворов с целью проведения поиска условий оптимизации переработки нефте- и гальваноотходов (хромсодержащего отхода) во вторичное сырье для строительной отрасли.

Введение в растворы хромовой кислоты органической добавки — ОПЭФО, представленные на рис. 1, приводит к иному характеру хода кривых зависимости плотности растворов хромовой кислоты.

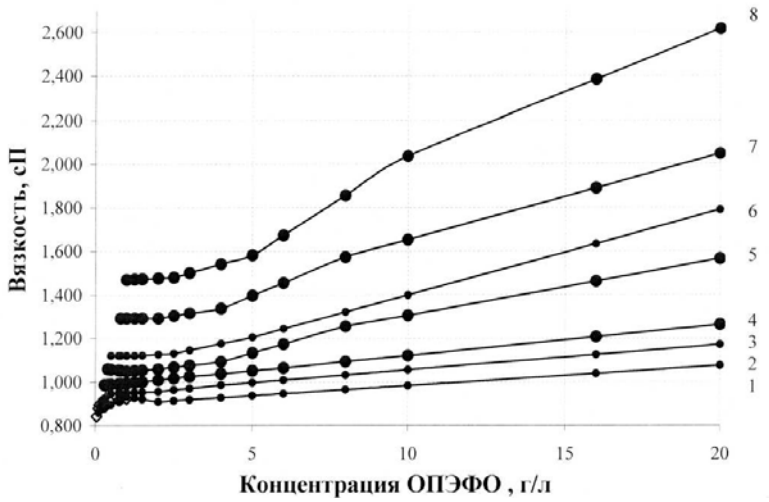


Рис. 1. Вязкость растворов хромовой кислоты в зависимости от концентрации ОПЭФО. Температура растворов 25°С. Концентрация хромового ангидрида, г/л: *1* — 25; *2* — 50; *3* — 100; *4* — 150; *5* — 200; *6* — 250; *7* — 300; *8* — 400

От 50 г/л до 250 г/л хромовой кислоты концентрация добавки ОПЭФО почти не меняет плотности раствора. Последующее увеличение концентрации хромовой кислоты приводит к изменению плотности от концентрации органического вещества. Так, при концентрации 400 г/л CrO_3 изменение концентрации ОПЭФО от 5 г/л о 10 г/л увеличивает плотность от 1,21 до 1,31 г/см^3.

Представленные выше данные физико-химических исследований растворов хромовой кислоты с добавками ОПЭФО дают косвенную информацию о структурных изменениях в растворе хромовой кислоты, позволяют оценить количественные характеристики технологических растворов. Из вышеприведенного следует вывод, что состав «стандартного» электролита хромирования, содержащий 250 г/л (2,5 моль/л) хромового ангидрида и 2,5 г/л серной кислоты, соответствует точке изменения физико-химических характеристик системы.

Сточные воды гальванического хромирования относятся к наиболее токсичным отходам промышленных предприятий[2] [1, 8—10]. Они содержат в своем составе различные виды органических и минеральных веществ. Основной объем сточных вод формируется при электролитическом хромировании за счет промывных вод после операций подготовки и нанесения гальванических покрытий. Незначительная часть стоков (5…7 % от общего объема) формируется за счет слива отработанных технологических растворов и электролитов.

Стоки, содержащие хром, принадлежат к числу наиболее опасных для жизни водоемов, так как все соли хрома, особенно шестивалентного, ядовиты. Вследствие большой токсичности солей хрома сточные воды соответствующих производств не могут быть сброшены в водоемы без предварительной очистки [11—14].

В качестве способа обезвреживания водных стоков гальванического хромирования предлагается способ с использованием органической добавки ОПЭФО. Он принципиально отличается от известных тем, что позволяет с высокими экономическими показателями комплексно использовать в дальнейшем продукты переработки.

Способ обеспечивает как очистку сточной воды от токсичного шестивалентного хрома с возможностью ее дальнейшего использования в технических целях, так и получение утилизированного сухого остатка ПЕК.

В данном способе переработки отработанных растворов, содержащих соединения токсичного Cr^{+6} при восстановлении его до Cr^{+3}, используется нефтеотход ОПЭФО (рис. 2).

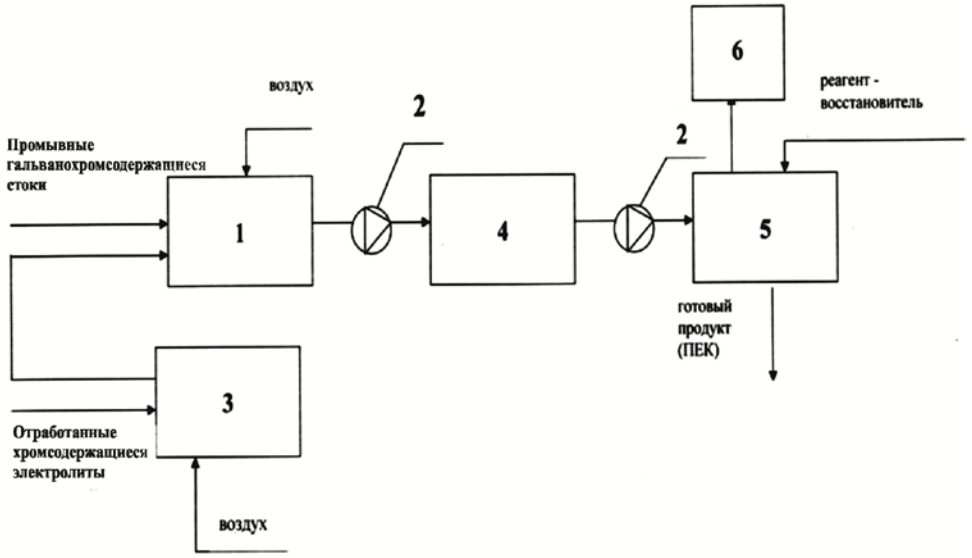


Рис. 2. Принципиальная схема способа очистки сточных вод электрохимического хромирования с помощью органической присадки ОПЭФО

[2] Технический паспорт на присадку ЭФО.

Кондуктометр электродный лабораторный типа КЭЛ-1М/Паспорт 1Е2.840.715 ПС.

Потенциостат ПИ-50-1/Паспорт; программатор ПР-8/Паспорт; приборы двухкоординатные регистрирующие ПДА1/Паспорт; ячейка электрохимическая импульсная/ Паспорт.

К раствору, содержащему 400…500 г/л хромового ангидрида, добавляют ОПЭФО в пропорции ОР:ОПЭФО — 1:2. В результате экзотермической реакции взаимодействия компонентов образуется сухой остаток ПЕК. Так как продукт не содержит токсичных веществ, то это позволяет в дальнейшем провести с ним исследование в целях определения областей применения полученного вторичного сырья.

Анализ табл. 1 подтверждает, что отходы с производства не только загрязняют окружающую среду, но при этом происходит и безвозвратная потеря больших количеств таких ценных элементов, как цинк, медь хром. Последние могут служить исходным сырьем для получения различного рода оксидных материалов и могут найти применение при разработке полимерных композиций, при производстве дорожно-строительных материалов.

В частности, ПЕК рекомендован в качестве ингредиента полимерных композиций, а именно, вулканизующего агента хлоропренового каучука и хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ).

Современные темпы и огромный размах строительства в нашей стране требуют производства таких строительных материалов, которые соответствовали бы условиям эксплуатации в самых различных климатических районах, обеспечивая надежность и долговечность зданий и сооружений. Между тем выпускаемые в настоящее время гидроизоляционные и кровельные материалы не отвечают этим условиям. До сих пор из всех видов строительных работ наименее механизированными являются кровельные и гидроизоляционные. Нефтяной битум по-прежнему является самым распространенным материалом для данных работ. Несмотря на все увеличивающее производство битума, дефицит его достигает 20 % в целом по стране и материал требует замены. Как говорилось ранее, хромсодержащие нефтеотходы в своем составе содержат ценные вещества. Поэтому была произведена замена части битума на данные отходы при производстве кровельных и гидроизоляционных работ.

Нефтяной битум широко применяется в областях строительства как гидроизоляционный материал. Для проведения кровельных работ используют горячие полимербитумные материалы. Данные композиции представляют собой однородную смесь битума, наполнителя и полимерных добавок [15, 16].

Как видно из рис. 3, при замене дорогостоящего битума, наполнителя на нефтеотходы и шлама физико-механические свойства изменяются незначительно. Лучшими свойствами обладает мастика с содержанием ПЕКа 15 % (табл. 2).

Это объясняется тем, что в составе отходов существуют те же легкие масляные фракции, что и в битуме. При смешивании резиновой крошки с горячим битумом она набухает вследствие частичного поглощения масляных фракций. Нефтяной битум и резиновая крошка в процессе приготовления физически взаимодействуют друг с другом, в результате чего получается новый однородный материал, обладающий лучшими качествами, чем исходный битум: повышается температура размягчения смеси, снижается температура перехода в хрупкое состояние, увеличивается водонепроницаемость покрытия.

В результате анализа установившихся закономерностей взаимодействия — полимерных материалов с продуктами обезвреживания — разработаны составы с использованием ПЕКа в качестве вулканизующего агента на основе хлорсульфированного полиэтилена и хлоропренового каучука; битума

с продуктами обезвреживания, разработаны и внедрены в производство составы горячих полимербитумных гидроизоляционных материалов и гидроизоляционных мастик.

Таким образом, при замене в гидроизоляционной мастике части битума на нефгеотходы (60 %) физико-механические свойства улучшаются, что подтверждает целесообразность дальнейших исследований.

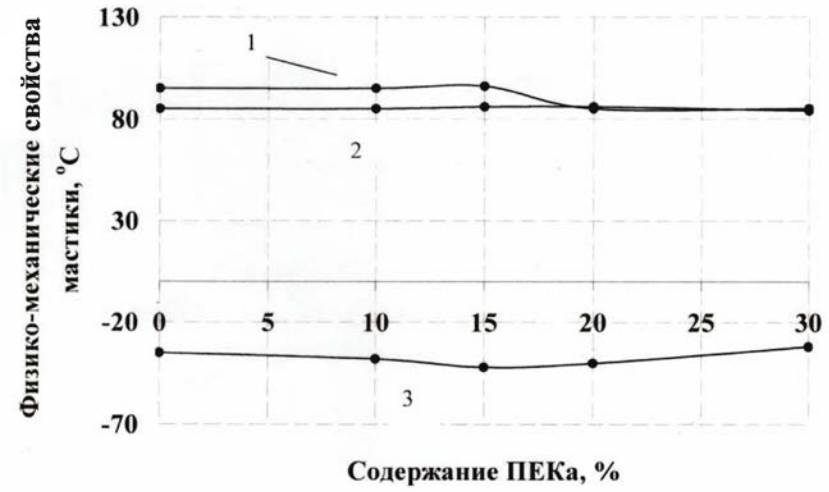


Рис. 3. Влияние содержания ПЕКа на физико-механические свойства гидроизоляционной мастики: *1* — теплостойкость в течение 2 ч; *2* — температура размягчения по методу кольцо и шар; *3* — температура хрупкости

Таблица 2

Состав и свойства резино-битумных композиций

Материалы, их состав и свойства	Стандартная мастика	Разработанная композиция
Битум	75	50
Резиновая крошка (ТУ 38-104-30-70)	10	10
Наполнитель волокнистый	15	—
ПЕК	—	15
ОПЭФО	—	15
Кокс	—	10
Температура размягчения по КиШ, °С, не менее	65	75
Водонасыщение за 24 ч, %	0,2	0,18
Водонепроницаемость максимальное давление за сутки, МПа	0,5	0,48
Температура хрупкости, °С, не более	–35	–43

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Улицкий В. А.* Использование отходов гальванических производств в цементных композициях : межотраслевой научно-технический сборник. М., 1988. № 4. С. 86—87.

2. *Войтович В. А.* Об использовании гальванических шламов // Труды 1-й научно-технической конференции в области охраны окружающей среды. Нижний Новгород, 1993. 312 с.

3. *Яковлев С. В., Аксенов В. И., Волков Л. С.* Обезвреживание осадков сточных вод металлообрабатывающей промышленности. М. : Стройиздат, 1981. 213 с.

4. *Власов А. С., Степанчикова И. Г., Макаров С .В.* Гексаферрит бария на основе отходов гальванических производств // Стекло и керамика. 1987. № 4. С. 12—13.

5. *Мелконян Р. Г., Тимонина Г. П., Галустигян О. Г.* Хромсодержащиеся отходы для производства декоративно-облицовочных материалов // Стекло и керамика. 1981. № 1.

6. Dittrieh V. S., Heil G. Ruckgewinnung von Buntmetalltn aus Gflwanikschlamm durch ammoniakalische Langung // Mull and Adfall. 1989. № 9.

7. *Галкин Ю. А., Лотош В. Е.* Технология утилизации осадков сточных вод машиностроительных предприятий // Химия и технология воды. 1990. Т. 12. № 6.

8. Практикум по физической химии / Под ред. С. В. Горбачева. М. : Высшая школа, 1974. 496 с.

9. *Каданер Л. И.* Гальваностегия. Киев : Техника, 1964. 312 с.

10. *Протасов В. Ф., Молчанов А. В.* Экология, здоровье и природопользование в России. М. : Финансы и статистика, 1995. 526 с.

11. *Гончарова Т. В.* Возможности расширения ассортимента полимербитумных материалов // Применение полимерных материалов в гидротехническом строительстве. Л. : Стройиздат, 1980. 230 с.

12. *Кисина А. М., Куценко В. И.* Полимер-битумные кровельные и гидроизоляционные материалы. Л. : Стройиздат, 1983. 98с.

13. *Попченко С. Н.* Гидроизоляция сооружений и зданий. Л. : Стройиздат, 1981. 198 с.

14. Технология гидроизоляционных материалов / Под ред. И. В. Рыбьева М. : Высшая школа, 1991. 121 с.

15. *Хайкина Л. А.* Разработка и исследование полимерных композиций, содержащие соединения, полученные на основе отработанных каталитических компонентов : автореф… канд. техн. наук. Волгоград, 2002. 20 с.

16. *Блох Г. А.* Органические ускорители вулканизации и вулканизующие агенты. М. : Химия, 1978. 278с.

© Кузнецова О. Н., Тимофеев А. Г., Федулова Е. В., Шавырина В. А., Шульженко А. А., Абдусаламов Ш. Ш., 2020

Поступила в редакцию в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Использование в дорожно-строительной индустрии нефте- и гальваноотходов / О. Н. Кузнецова, А. Г. Тимофеев, Е. В. Федулова, В. А. Шавырина, А. А. Шульженко, Ш. Ш. Абдусаламов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 47—53.

Об авторах:

Кузнецова Оксана Николаевна — канд. техн. наук, преподаватель 214 кафедры РХБ защиты, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»; Российская Федерация, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

Тимофеев Антон Георгиевич — техник кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antonio_1805@yandex.ru

Федулова Екатерина Владимировна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, fedulova97@mail.ru

Шавырина Валерия Алексеевна — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, shvaleriya_96@mail.ru

Шульженко Александр Андреевич — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv@vgasu.ru

Абдусаламов Шамкан Шарпудиевич — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv@vgasu.ru

Oksana N. Kuznetsova[a], Anton G. Timofeev[b], Ekaterina V. Fedulova[b], Valriya A. Shavyrina[b], Aleksandr A. Shulzhenko[b], Shamkan Sh. Abdusalamov[b]

[a] BUNTS VVS VVA

[b] Volgograd State Technical University

USE IN ROAD CONSTRUCTION INDUSTRY OF OIL AND GALVANIC WASTES

The results of the study of the properties of oil refining wastes and galvanic chroming with a view to their conversion into secondary raw materials and further application of the obtained product in the road construction industry are considered. As a result of the obtained data, a method has been developed and introduced in various areas of road construction production using PEK — a product of interaction between oil and electroplating, in compositions of hot polymerbitumen and waterproofing mastics, as well as a volcanic agent based on chlorosulphonated ethylene and chloroprene rubber, which find application in various areas of the road construction industry.

The positive results showed that the experiment was useful. The task of reducing environmental pollution and cost indicators of waterproofing material for roofing works has been solved.

K e y w o r d s: oil refining, petrowaste, road-building industry, additive OPEFO, chromic acid, galvanic chromium plating, polimer-bitumen mastic, roofing work.

For citation:

Kuznetsova O. N., Timofeev A. G., Fedulova E. V., Shavyrina V. A., Shulzhenko A. A., Abdusalamov Sh. Sh. [Use in road construction industry of oil and galvanic wastes]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 47—53.

About authors:

Oksana N. Kuznetsova — Candidate of Engineering Sciences, Lecturer of 214 Department of RKhB protection; BUNTS VVS VVA. 54A, Starykh Bol'shevikov St., Voronezh, 394064, Russian Federation

Anton G. Timofeev — Engineer of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, antonio_1805@yandex.ru

Ekaterina V. Fedulova — student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, fedulova97@mail.ru

Valriya A. Shavyrina — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, shvaleriya_96@mail.ru

Aleksandr A. Shulzhenko — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv@vgasu.ru

Shamkan Sh. Abdusalamov — Master's Degree Student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv@vgasu.ru

УДК 628.54

А. А. Сахарова, А. Р. Ничипорова, А. А. Сизова, А. А. Геращенко, Р. В. Потоловский

Волгоградский государственный технический университет

СБОР, ОЧИСТКА И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

На сегодняшний день проблема очистки ливневых сточных вод одна из важнейших проблем, касающихся защиты окружающей среды региона. Это связано с тем, что без должного контроля дождевой сток напрямую влияет на почву и водные источники (как поверхностные, так и грунтовые). На основании обзора научно-технической литературы и выполненных исследований представлены и описаны сооружения и элементы, изготавливаемые из полимерных материалов, которые имеют ряд положительных характеристик: долговечность, универсальная химическая стойкость, высокая заводская готовность и быстровозводимость, низкие эксплуатационные затраты, малый вес. Определены показатели эффективности таких конструкций.

Предложена новая конструкция подземной блочно-модульной установки очистки ливневых вод, позволяющая более рационально использовать пространство в условиях городской застройки.

Ключевые слова: вода, очистка, сточные воды, ливневая канализация, загрязнение, взвешенные вещества, очистные сооружения, модуль, повторное использование.

Очистные сооружения ливневой канализации должны иметь такой комплекс технологического оборудования, проходя через который, ливневые стоки будут полностью очищены от различных видов загрязнений. Такие сооружения должны иметь современное оборудование, удовлетворяющее данным показателям. Решения актуальны в настоящее время, так как имеют новейшую и современную систему очистки, состоящую из различных блоков, характерных для каждого этапа очистки [1].

Дождевые сточные воды (или, как их еще называют, ливневые) — это атмосферные осадки, которые, выпадая, смывают загрязнения и вредные химические вещества с поверхностей крыш зданий, дорог и тротуаров. Их главная особенность — неравномерность потока, зависящего от погодных условий. Согласно проведенному исследованию (рис. 1), к концу 2018 г. количество дождевых вод значительно увеличилось по сравнению с показателями предыдущих годов (исследование проводилось в период 2016—2018 гг.).

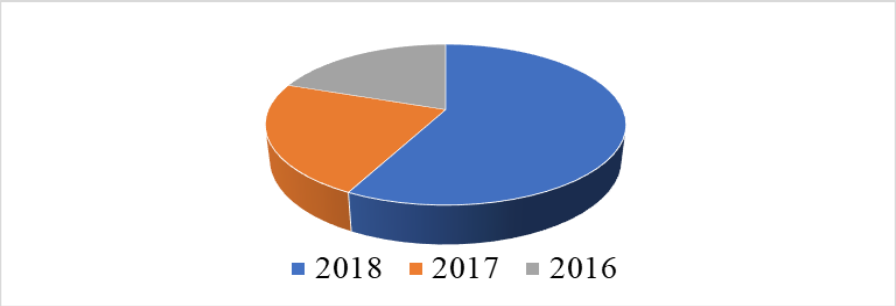


Рис. 1. Сравнительный объем осадков в Волгограде за 2016—2018 гг. [2]

Городская дренажно-ливневая сеть развита слабо (обеспеченность магистральной улично-дорожной сети водосточной сетью составляет 30…35 %). Имеющийся фонд дождевой канализации Волгограда — коллекторы общей протяженностью около 140 км с учетом бесхозяйных водосточных коллекторов.

Количество загрязняющих веществ, поступившее в составе сточных вод в поверхностные водные объекты Волгоградской области, составила 49,47 тыс. тонн [3].

Практически все водные объекты на территории Волгоградской области подвержены антропогенному воздействию. Объем изъятия водных ресурсов из поверхностных водных объектов Волгоградской области за последнее время составил 891,76 млн м^3 в год, годовой сброс сточных вод в поверхностные водные объекты — 122 млн м^3. Основная нагрузка при водопользовании приходится на р. Волгу и ее притоки. Количество осадков и выпавших дождевых вод в Волгограде представлено на рис. 2 и 3.

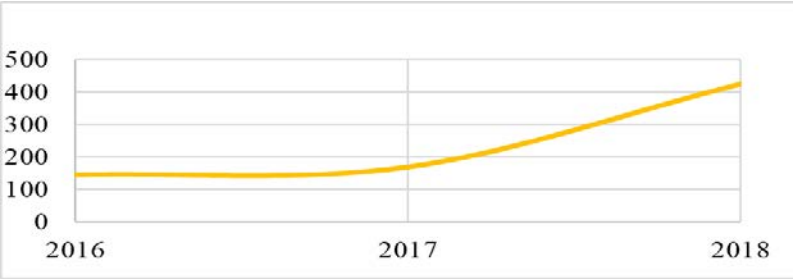


Рис. 2. Количество осадков в Волгограде, мм

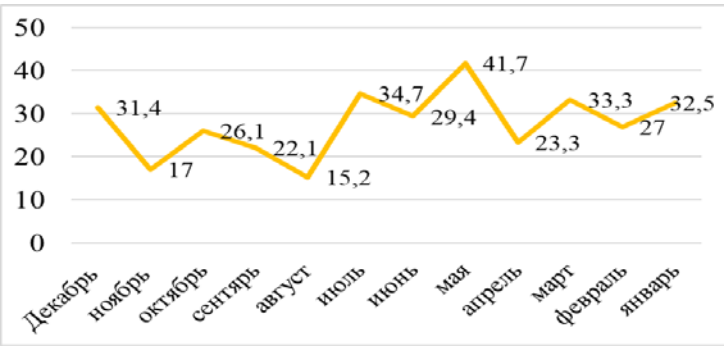


Рис. 3. Количество выпавших дождевых вод за 2018 год в Волгограде

Ливневые сточные воды областного центра и городов Волгоградской области практически не подвергаются очистке. В границах Волгограда в р. Волгу сбрасываются сточные воды не только из водовыпусков после очистных сооружений, но и из водовыпусков ливневой канализации, не подвергшихся очистке. На территории города расположено 68 коллекторов ливневой канализации, и проблемы ливневой канализации возникают в каждом районе.

Вторичное использование ливневых сточных вод после соответствующей обработки может успешно способствовать решению кризисных ситуаций, существующих в регионах с недостаточными запасами водных ресурсов [4].

Во многих регионах нашей страны имеются серьезные проблемы с водоснабжением в силу недостаточности водных ресурсов, и, как следствие, водосберегающие технологии приобретают здесь чрезвычайно большое значение [5].

Очистке поверхностных сточных вод уделялось недостаточно внимания. Считается, что концентрация загрязнений в дождевых водах высока только в первые двадцать минут выпадения осадков, поэтому они не вредят экологии. Часто ливневые сточные воды направляются без очистки сразу в водоем. Действительно, концентрация загрязнений в этих водах не очень велика, но она сильно зависит от района строительства (состава грунта и прочих геологических условий), благоустройства города и времени года. Кроме взвешенных веществ поверхностные воды несут в себе токсичные загрязнения, которые смываются с автострад — нефтепродукты, хлориды, свинец и другие тяжелые металлы [6].

Повторное использование сточных вод и дождевой воды, как правило, требует дополнительной обработки. Из-за тесного взаимодействия осадков со всем, что окружает человека, сток содержит большое число различных по виду, фазовому состоянию и опасности загрязнений. Для эффективного удаления каждого из них требуется правильно сочетать различные виды очистки в одной системе [7].

Стандартная схема очистки дождевых стоков включает в себя:

- аккумулирующий резервуар;
- песколовку;
- маслоуловитель (или нефтеловушку);
- сорбционный элемент.

Для того чтобы выполнить очистку ливневых вод, должен происходить забор этих вод. Забор дождевого стока с территории происходит с помощью специальной системы дренажей. Они располагаются вдоль тротуаров и оснащаются решетками. Это делается для исключения попадания в канализацию крупных загрязнений (например, больших веток). Оттуда вода самотеком или под напором поступает на очистные сооружения [8].

Первый этап очистки ливневых сточных вод начинается с резервуара удаления крупных частиц — песколовки. При применении пескоуловителя (рис. 4) и далее нефтеуловителя (рис. 5) достигается норматив сброса по взвешенным веществам 10…12 мг/л и нефтепродуктов 0,3 мг/л на выходе очистных сооружений. Пескоуловитель представляет собой комплектную емкость цилиндрическую формы для подземной установки с устройством колодцев обслуживания [9].

Пескоуловитель сконструирован по принципу отстойника, оборудованного тонкослойными модулями, работающего по противоточной схеме удаления взвешенных веществ. При противоточной схеме выделенный осадок движется в противоположном направлении движению сточных вод. Песколовка извлекает из жидкости крупные загрязнения, которые по весу примерно равны песку. Частицы под действием гравитации оседают и скапливаются в приямке, откуда регулярно отводятся с помощью специального трубопровода или гидролифта. Благодаря тонкослойным полочкообразным элементам, изготовленным из полимерных материалов, достигается высокий эффект очистки: по взвешенным веществам — 80 %, нефтепродуктам — 30…40 % [10].

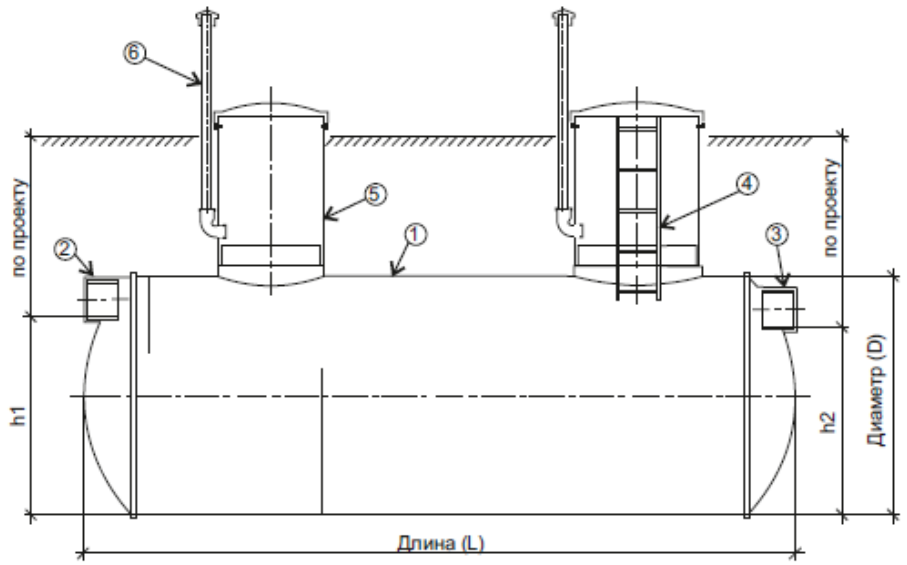


Рис. 4. Пескоуловитель: *1* — стеклопластиковый корпус пескоуловителя; *2* — подводящий коллектор; *3* — отводящий коллектор; *4* — съемная лестница из н/ж стали; *5* — колодец превышения из стеклопластика в комплекте с крышкой; *6* — вентиляционный стояк ПНД 110

После удаления крупных твердых частиц необходимо из дождевой воды извлечь более мелкие. Для этого применяют отделения, принцип работы которых схож с отстойниками. Высокая эффективность и небольшие размеры таких отделений достигаются благодаря применению тонкослойных модулей — пластиковых пластин, расположенных параллельно друг другу.

Поступающая вода через коалесцирующий модуль — набор тонкослойных гофрированных пластин из прочного поливинилхлорида. Эмульсированные частицы нефтепродуктов, соприкасаясь с поверхностью модулей, оседают на ней. Гофрированные наклонные плоскости коалесцентного модуля позволяют добиться максимального контакта очищаемой воды и пластин модуля и обеспечивают сбор отделившихся масляных капель нефтепродуктов на поверхности специальной камере.

Коалесцирующий блок позволяет извлечь из дождевой воды масла и нефтепродукты, которые смываются с автодорог и заправочных станций. В данном отделении капли нерастворимых жидкостей укрупняются, соединяясь вместе, и всплывают, образуя пленку на поверхности резервуара. Модули самоочищающиеся, при протекании вода создает вибрации, модули вибрируют и тем самым способствуют всплытию частиц масла и оседанию частиц взвешенных веществ. Эта пленка удаляется с помощью специального перфорированного трубопровода или сорбирующих бонов. Для усиления эффекта коалесцирования применяют различные химические реагенты.

Срок службы коалесцирующего модуля не ограничен, так как пластмасса не разрушается и не меняет своих физических свойств, он не требует замены или регенерации. Техническое обслуживание нефтеуловителя заключается в том, что коалесцирующий блок вынимается и промывается струей воды, осадок извлекается ассенизационными машинами [11].

Концентрация нефтепродуктов после нефтеуловителя (для дождевой воды) составит 0,3 мг/л, концентрация взвешенных веществ до 10…20 мг/л [12].

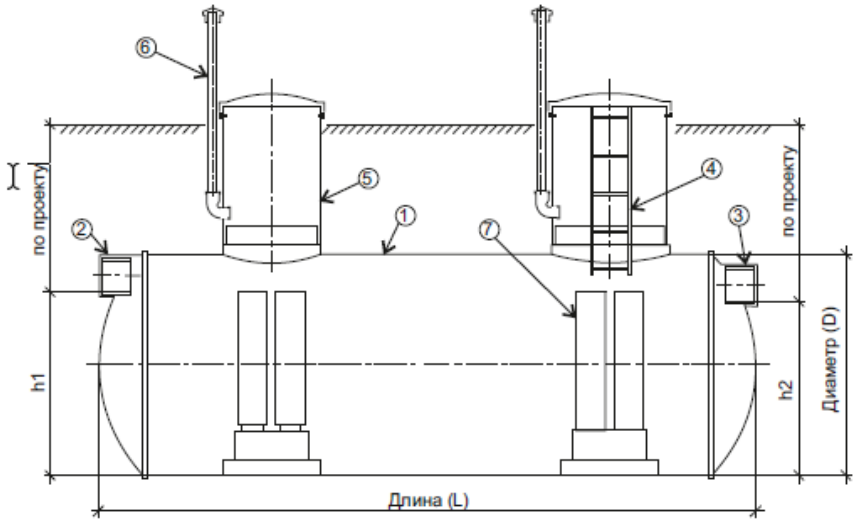


Рис. 5. Нефтеуловитель: *1* — стеклопластиковый корпус пескоуловителя; *2* — подводящий коллектор; *3* — отводящий коллектор; *4* — съемная лестница из н/ж стали; *5* — колодец превышения из стеклопластика в комплекте с крышкой; *6* — вентиляционный стояк ПНД 110; *7* — губчатые фильтры

Сорбционный фильтр (рис. 6) помогает избавиться от остатков нефтепродуктов и примесей. После прохождения этой ступени очистки жидкость считается достаточно чистой для сброса. Фильтр представляет собой комплектную емкость цилиндрической формы для подземной установки с устройством колодца обслуживания [13]. После предварительной очистки в пескоуловителе и нефтеуловителе поверхностные сточные воды поступают для тонкой очистки в сорбционный блок, представляющий собой отстойник, где проходит очистку от тонкодисперсных твердых и жидких частиц, не способных выпадать в осадок. Как правило, сорбционный фильтр является неотъемлемым элементом водоочистных ливневых систем, сбрасывающих сточные воды в водоем [14].

Сорбционная очистка проводится с помощью загрузки, которая способна задерживать внутри своего объема различные загрязнения. В качестве такой загрузки чаще всего применяют активированный уголь. Загрузку необходимо промывать для восстановления сорбционных свойств и заменять на новую, когда старая теряет способность поглощать примеси. Частота замены и регенерации рассчитывается в зависимости от объема дождевого стока и количества загрязнений [15].

Остаточные концентрации взвешенных веществ после прохождения сорбционного фильтра 5 мг/л, нефтепродуктов — 0,05 мг/л, БПКполн — 3 мг/л, что соответствует нормам сброса в водоем [16].

Очищенные дождевые сточные воды поступают либо в общегородскую систему водоотведения, либо в водный объект (реку или озеро), сброс в кото-

рый разрешен местным контролирующим госорганом. Строго запрещается выводить сток на рельеф [17].

На сегодняшний день применение полимерных материалов набирает большую популярность. Сооружения и элементы сооружений, изготавливаемые из этого материала, имеют ряд положительных характеристик: долговечность, универсальная химическая стойкость, высокая заводская готовность и быстровозводимость, низкие эксплуатационные затраты, малый вес. Все эти показатели определяют эффективность конструкций [18].

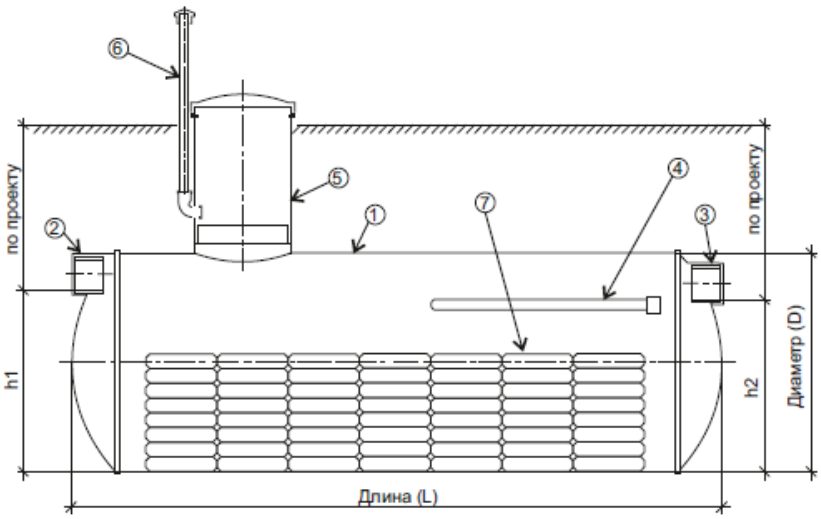


Рис. 6. Сорбционный фильтр: *1* — стеклопластиковый корпус пескоуловителя; *2* — подводящий коллектор; *3* — отводящий коллектор; *4* — фильтр из вспененного полиэтилена; *5* — колодец превышения из стеклопластика в комплекте с крышкой; *6* — вентиляционный стояк ПНД 110; *7* — сорбционная загрузка

Комплекс сооружений, предлагаемый в данном проекте, выполнен из данного материала. В таблице перечислены свойства и преимущества в применении [19].

Таким образом, использование очистных сооружений из соответствующего материала позволит обеспечить бесперебойную работу станции, как следствие, уменьшается риск сброса неочищенных сточных вод в систему речного стока.

Кроме того, такой способ очистки имеет практическую значимость, простоту в эксплуатации, может существенно улучшить удаление загрязняющих веществ в стоке, тем самым ослабляя воздействие загрязняющих веществ на экологическое состояние окружающей среды в реках и водосборных емкостях.

Блочно-модульная система является совокупностью взаимосвязанных модулей, где в каждом модуле выполняются определенные процедуры разделения загрязняющих веществ, в результате этих процедур обрабатываемая вода используется для различных целей.

Предложена новая конструкция подземной блочно-модульной установки, позволяющая более рационально использовать пространство в условиях городской застройки.

Свойства и преимущества материалов очистных сооружений

№ п/п	Свойства материала очистных сооружений	Преимущества в применении
1	Высокая коррозионная и химическая стойкость	применение сооружений и оборудования для различных агрессивных сред; не требуется антикоррозионная обработка; долгий срок эксплуатации (30—35 лет); уменьшение расходов на эксплуатацию
2	Малый удельный вес (= 1,8 т/м^3)	уменьшение сроков монтажа; применение грузоподъемных механизмов с меньшей грузоподъемностью и габаритами; уменьшение веса опорных конструкций
3	Высокая удельная прочность	характеристики прочности близки к характеристикам металла
4	Диэлектрические свойства	хорошая электроизоляция; безопасное применения вблизи ЛЭП
5	Низкая теплопроводность	исключены затраты на теплоизоляцию
6	Влагостойкость	исключены затраты на гидроизоляцию; эксплуатация в мокрых и влажных средах
7	Малое гидравлическое сопротивление	снижение гидравлических потерь в 3—4 раза по сравнению с изделиями из металла; нет эффекта зарастания сечения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы гидравлики, водоснабжения и канализации / В.И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков, П. В. Сафонов. М. : Сторойиздат, 1980. 495 с.

2. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова, А. В. Романова // Известия НВ АУК. 2019. №1(53).

3. *Ничипорова А. Р., Сизова А. А.* Ливневые сточные воды как источник загрязнения поверхностных вод // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 16—20 апреля 2018 г.). Волгоград, 2018. С. 328—329.

4. *Цыбина А. В., Дьяков М. С., Вайсман Я. И.* Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Экология и промышленность России. 2013. № 12. С. 56—61.

5. *Ничипорова А. Р., Сизова А. А.* Ливневые сточные воды как источник загрязнения поверхностных вод // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 16—20 апр. 2018 г.). Волгоград, 2018. С. 328—329.

6. *Гарин В. М., Кленова И. А., Колесников В. И.* Экология для технических вузов. Серия: Высшее образование / Под ред. В. М. Гарина. Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. С. 145—175.

7. *Кичигин В. И.* Моделирование процессов очистки воды. Гриф МО РФ. М. : Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2017. 491 с

8. *Красногорская Н. Н., Мусина С. А., Бреднева Т. О.* Анализ загрязненности и методов очистки ливневого стока урбанизированной территории. С. 3—10.

9. *Гуков А. Г.* Механическая очистка сточных вод : учебное пособие. Вологда : ВоГТУ, 2003. 152 с.

10. *Ахобадзе Г. Н.* Методы очистки сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов // Экология производства. 2011. № 2. С. 45—52.

11. Анализ эффективности удаления органических соединений в процессе очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающего комплекса / Ю. В. Куликова и др. // Экология и промышленность России. 2013. № 12. С. 50—55.

12. *Воронов Ю. В., Яковлев С. В.* Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов. М. : Ассоциация строительных вузов, 2006. 704 с.

13. Влияние основных технологических факторов на адсорбцию нефтепродуктов и ПАВ глинистыми поглотителями / С. А. Ануров и др. // Химическая промышленность сегодня. 2013. № 6. С. 50—56.

14. Справочник по очистки природных и сточных вод / Л. Л. Пааль, Я. Я. Кару, Х. А. Мельдер, Б. Н. Репин. М. : Высшая школа, 1994.

15. Водоотведение / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев, Е. А. Пугачев. М. : Инфра-М, 2007.

16. *Алексеев Л. С.* Контроль качества воды. М. : Инфра-М, 2004.

17. *Гуков А. Г.* Проектирование малых очистных сооружений канализации с искуственной биологической очисткой : учебное пособие. Вологда : ВоГТУ, 2000. 60 с.

18. Канализация : учебник для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Стройиздат, 1975. 632 с.

19. *Крылов И. О., Ануфриева С. И., Исаев В. И.* Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов // Экология и промышленность России. 2002. С. 17—19.

© Сахарова А. А., Ничипорова А. Р., Сизова А. А., Геращенко А. А., Потоловский Р. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Сбор, очистка и возможность повторного использования ливневых сточных вод / А. А. Сахарова, А. Р. Ничипорова, А. А. Сизова, А. А. Геращенко, Р. В. Потоловский // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 54—62.

Об авторах:

Сахарова Анастасия Андреевна — ассистент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Ничипорова Анастасия Романовна — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, liska1988nastya@yandex.ru

Сизова Анастасия Алексеевна — магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, sizova1317@yandex.ru

Геращенко Алла Анатольевна — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, viv_vgasu@mail.ru

Потоловский Роман Валерьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, potolovski@ro.ru

Anastasiya A. Sakharova, Anastasiya R. Nichiporova, Anastasiya A. Sizova, Alla A. Gerashchenko, Roman V. Potolovskii

Volgograd State Technical University

COLLECTION, CLEANING AND POSSIBILITY OF RE-USE OF SHOWER STRAIN WATER

Today, the problem of storm water treatment is one of the most important problems related to the protection of the region's environment. This is due to the fact that without proper control, rain runoff directly affects the soil and water sources (both surface and ground). Based on the review of scientific and technical literature and research, structures and elements made of polymer materials that have a number of positive characteristics are presented and described: durability, universal chemical resistance, high factory readiness and rapid construction, low operating costs, low weight. Indicators of the effectiveness of such structures are determined.

A new design of an underground block-modular stormwater treatment plant is proposed, which allows for more efficient use of space in urban development.

K e y w o r d s: water, treatment, sewage, storm sewer, pollution, suspended solids, treatment facilities, module, reuse.

For citation:

Sakharova A. A., Nichiporova A. R., Sizova A. A., Gerashchenko A. A., Potolovskii R. V. [Collection, cleaning and possibility of re-use of shower strain water]. *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], 2020, iss. 2, pp. 54—62.

About authors:

Anastasiya A. Sakharova — Assistant of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Anastasiya R. Nichiporova — Master's Degree student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, liska1988nastya@yandex.ru

Anastasiya A. Sizova — Master's Degree student of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sizova1317@yandex.ru

Alla A. Gerashchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv_vgasu@mail.ru

Roman V. Potolovskii — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Water Supply and Disposal Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, potolovski@ro.ru

УДК 628.161:627.221.2(282.247.36)

Е. А. Семёнова[а], В. Л. Бондаренко[б], Е. Д. Хецуриани[в], М. И. Штавдакер[б]

[а] Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске)

[б] Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета

[в] Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТИПА ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Предметом исследований являются действующие и создаваемые водохозяйственные объекты, именуемые как объекты деятельности (далее — ОД), связанные с использованием водных ресурсов в отраслях хозяйственной деятельности, количественные и качественные показатели которых формируются в поверхностный и подземный стоки в пространственных пределах речных бассейновых геосистем, включающих в себя приземные слои атмосферы (высотой до 10 км), земную поверхность водосборной территории гидрографической речной сети, верхние слои литосферы (глубиной до 300 м). Возобновляемые водные ресурсы используются практически во всех отраслях хозяйственной и иной деятельности, жизнедеятельности населения, животного и растительного мира в рассматриваемых пространственных пределах бассейновой геосистемы, что определяет собой особый вид деятельности. Практическое использование водных ресурсов в технологических процессах промышленного, сельскохозяйственного производства, выработки электрической энергии на ГЭС, ГАЭС, АЭС, ТЭС, системах многоцелевого водоснабжения городских хозяйств и других видах деятельности осуществляется путем строительства ОД в виде комплекса гидротехнических сооружений (КГТС). Системная взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношение (ВВВ) ОД с «Природными средами» (ПС) — атмосферой, гидросферой, верхними слоями литосферы, педосферой и проживающим «Населением» (Н) в зонах влияния ОД определяет собой особый класс природно-технических систем (ПТС) «Природная среда — Объект деятельности — Население» (ПС — ОД — Н). Для разработки научных основ методологии развития класса ПТС «ПС — ОД — Н» определилась необходимость изучения процессов ВВВ между «ПС», «ОД» и проживающим «Н» в их системной целостности как механизма управления по обеспечению ЭБ в зонах влияния «ОД». Для развития методологии изучения класса ПТС «ПС — ОД — Н» важным является понятие «Главенствующей роли целого», от которого определяется понятие «Экологическая приемлемость» «ОД» в составе рассматриваемого класса ПТС «ПС — ОД — Н», экологическое состояние (ЭС) в зонах влияния «ОД» как доминирующего фактора ЭБ [1—3].

Ключевые слова: природно-техническая система, использование водных ресурсов, бассейновая геосистема, объект деятельности, экологическое состояние, экологическая безопасность, экологическая приемлемость, принцип «Главенствующей роли целого».

Современная парадигма общественного развития характеризуется рядом взаимосвязанных между собой глобальных проблем (10), из которых наиболее важными являются первые три проблемы — энергии, воды и пищи, без решения которых невозможно решение оставшихся 7 проблем (экологии, военных конфликтов, терроризма, нищеты, демографии, болезней, образования) [1, 2, 4].

Проблема воды как возобновляемого ресурса в пространственных пределах биосферы Земли ($W = 1 \cdot 10^{10}$ км³) определяется процессами глобального влагооборота, на который расходуется около 20 % (135 600 ТВт) солнечной энергии, достигающей земной поверхности суши ($149{,}1 \cdot 10^6$ км^2) и Мирового океана ($361{,}1 \cdot 10^6$ км^2), современными технологиями ее использования, ус-

ловиями характера и видами воздействия, действующих на природные среды различных типов ГТС, в дальнейшем как «Объекты деятельности» для внутрибассейнового регулирования и межбассейнового перераспределения водного стока, отбора расчетных расходов воды из водоисточника и их транспортирования до конкретного водопотребителя (оросительно-обводнительные системы, системы целевого водоснабжения городских хозяйств и др.) водопользователя, водоснабжения (ГЭС, АЭС, ГАЭС, АЭС, ТЭС и других).

Системная взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношение (ВВВ) между природными средами (приземные слои атмосферы, гидрографическая речная сеть водосборной территории, верхние слои литосферы, почвенный покров), «Объектом деятельности» и жизненно важными интересами проживающего населения, как отмечается в работах [5—7], определяет собой особый класс природно-технических систем (ПТС), в состав которых входят «Природная среда», «Объект деятельности» и проживающее «Население» «ПС — ОД — Н» (рис. 1).

Рис. 1. Модель природно-технической системы «Природная среда — Объект деятельности — Население» в использовании водных ресурсов

Функциональная ВВВ «ОД» в составе рассматриваемого класса ПТС «ПС — ОД — Н» вносит определенные изменения в естественные процессы между природными (биотическими, абиотическими) компонентами в жизнедеятельности проживающего населения в пределах границ водосборной территории водного объекта, используемого в качестве водоисточника [1, 5, 6].

Вносимые изменения в естественные процессы ВВВ природных компонентов «ПС» формируют собой измененное экологическое состояние (ЭС) в пространственных пределах рассматриваемой речной бассейновой геосистемы, где формируются количественные и качественные показатели водных ресурсов, которые характеризуются интенсивностью движения потоков вещества, энергии и информации (ВЭИ) в зонах влияния «ОД» [6, 8].

Использование водных ресурсов в различных технологических процессах хозяйственной деятельности, к примеру для выработки электрической

энергии на Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, в составе которой функционируют практически многие типы ГТС, а в совокупности обуславливают собой «ОД» в составе ПТС «ПС — ОД — Н», зоны влияния которого затрагивают пространственные пределы бассейновой геосистемы Верхней Кубани ($F_{вод}$ = 11 000 км^2, объем приземных слоев атмосферы $W_{атм}$ = 110 · 10^3 км^3, верхних слоев литосферы $W_{лит}$ = 3300 км³, бассейновой геосистемы $W_{б.\ г}$ = 113 300 км^3), где проживает порядка 335 тыс. человек [6, 8] (рис. 2).

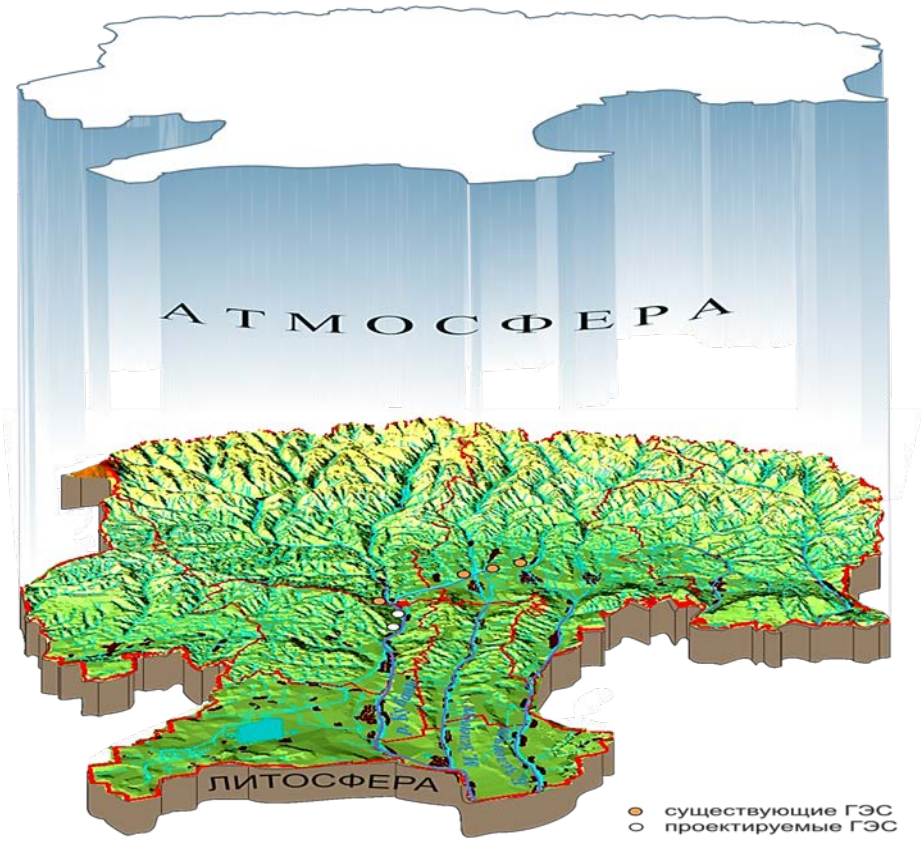


Рис. 2. Пространственная схема бассейновой геосистемы Верхней Кубани

Основным условием устойчивого функционирования и развития класса ПТС «ПС — ОД — Н», где границы зон влияния «ОД» затрагивают значительные пространственные пределы (в атмосфере, гидросфере) рассматриваемой бассейновой геосистемы водного объекта, для которой окружающей внешней средой является бассейновая геосистема более высокого иерархического уровня и так далее до биосферы Земли. Системная аналогия между действующими механизмами и принципами биосферных структур Земли и действующими принципами на уровне локальных бассейновых геосистем, в пределах которых функционируют ПТС «ПС — ОД — Н», рассматривается как рабочая гипотеза в исследовании и развитии данного класса систем [1, 6, 9].

На основе анализа функциональной работы и видов воздействия на ПС от Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, которые велись как в период строительства

(до 2016 г.), так и при последующей эксплуатации, созданная ПТС «ПС — ОД — Н» для выработки электрической энергии в объеме 400 млн кВт, в системном понимании определяет собой определенную упорядоченность в процессах ВВВ между природными компонентами, «ОД», проживающим «Н», в частности на 15 км участке р. Кубани от створа расположения Зеленчукской ГЭС-ГАЭС до Усть-Джегутинского водохранилища.

Основные положения теории биосферной совместимости, которые использовались в работе в качестве базовых постулатов, изложены в работах В. И. Вернадского, И. О. Пригожина, Н Н Моисеева, В. А. Ильичева, Н. Ф. Феймерса, И. С. Румянцева, В. В. Приваленко и других авторов.

Системный анализ как обобщающая методология для различных классов систем рассматривается в работах А. И. Уемова, М. В. Голуберга, Э. Г. Юдина и др. Конвергентный и системный подходы для синтеза результатов системного анализа рассматривается в работах М. В. Ковальчука, В. А. Волосухина, И. С. Румянцева и др.

Несмотря на большое количество научных работ, связанных с созданием и развитием основ теории различных типов и классов систем, тем не менее для класса ПТС «ПС — ОД — Н» можно отметить только начальный этап по созданию и развитию основ методологии, где одними из малоизученных являются системные принципы, связанные со **структурностью**, **иерархичностью**, **множественностью**, для которых доминирующим является принцип **«Главенствующей роли целого»**, на основе которого появляется возможность управления процессами ВВВ между **природными** и **техногенными** компонентами.

Системная упорядоченность между природными компонентами, «ОД» и проживающим «Н» в составе ПТС «ПС — ОД — Н» изначально закладывается на стадии принятия проектных решений, начальная стадия формирования происходит в период строительства, а в длительный период эксплуатации происходит адаптационная упорядоченность между компонентами системы. Начальная стадия и адаптационная упорядоченности в процессах ВВВ между компонентами ПТС «ПС — ОД — Н» определяются характером и уровнем вносимых изменений в пространстве и времени в естественные процессы ВВВ между биотическими и абиотическими компонентами в «ПС» под воздействием техногенного компонента — «ОД» в период его строительства и эксплуатации на речной гидрографической сети. В периоды строительства и эксплуатации «ОД», вносящего определенные изменения в интенсивность движения потоков ВЭИ в пространстве и времени в «ПС», обуславливающие собой экологическое состояние (ЭС) как важного фактора экологической безопасности (ЭБ) в зонах влияния «ОД» [1, 2, 10]. Следовательно, можно отметить, что использование водных ресурсов в пространственно-временном рассмотрении должно обеспечивать ЭБ в зонах влияния «ОД», которое становится возможным при соответствующем управлении процессами ВВВ между «ОД», «ПС» и проживающим «Н» исходя из принципа **«Главенствующей роли целого»** [11].

Функционирование ПТС «ПС — ОД — Н» обуславливает комплекс внутрисистемных преобразований в «ПС», в которых ведущая и доминирующая роль должна оставаться за окружающей природной средой (ОПС) в процессах ВВВ с «ОД». Ведущая роль за ОПС в пространственных пределах

бассейновой геосистемы, где на локальном иерархическом уровне формируются водные ресурсы, как установлено исследованиями [6, 12], становится возможной при условии оптимального отражения объективной действительности в «ПС». Под объективной действительностью в ПТС «ПС — ОД — Н» рассматривается объективно действующий механизм управления из вне (бассейновых геосистем более высоких иерархических уровней) по обеспечению сохранения устойчивого функционального развития по формированию количественных и качественных показателей водных ресурсов в зонах влияния «ОД», а через развитие обеспечения сохранения **«Главенствующей роли целого»**, которую выполняют гидрологические процессы, формирующие водный сток (поверхностный, подземный) в пространственных пределах рассматриваемой бассейновой геосистемы, являющейся частью более высоких иерархических уровней в глобальном влагообороте биосферы Земли. Системная ВВВ локальных бассейновых геосистем с бассейновыми геосистемами более высоких иерархических уровней в процессах влагооборота по формированию водных ресурсов как на уровне глобальной системы, так и на более низких уровнях принцип **«Главенствующей роли целого»** над компонентами рассматриваемой ПТС «ПС — ОД — Н» выражается подчиненностью частей общему процессу функционирования системы [2, 5, 13].

На основе результатов системного анализа процессов ВВВ между «ПС»,«ОД» и проживающим «Н» в составе действующих ПТС «ПС — ОД — Н» установлены системные принципы: **«целостности»**, определяющие собой несводимость свойств системы к сумме свойств целого; **«структурности»**, обуславливающие собой возможности описания системы через сети ВВВ между ее компонентами с входящими в них элементами, выполняющими функции внутри целого; взаимодействие структурных образований в ПТС «ПС — ОД — Н» происходит при характерных условиях **природного** (гидрологические, гидрогеологические морфометрии водотоков гидрографической сети, инженерно-геологического и ландшафтного районирования и др.) и **техногенного** (характером размещения «ОД», способах и технологии использования водных ресурсов и др.), происхождение которых обуславливает общность структурных образований, динамичность переходов одних неравновесных в другие неравновесные состояния, эмержентность получаемых эффектов; **«иерархичности»**, где каждый компонент системы представляет собой один из компонентов системы более высокого иерархического уровня; **«множественности»** описания рассматриваемой системы, когда ее адекватное изучение требуют построения множества различных моделей, каждая из которых описывает определенный аспект системы. Исходя из установленных системных принципов функционирования класса ПТС «ПС — ОД — Н» доминирующим принципом является **«Главенствующая роль целого»**, определяющая собой возможность управления процессами ВВВ между компонентами как внутри системы, так и вне ОПС, где формируются водные ресурсы. В развитии методологии изучения класса ПТС «ПС — ОД — Н» на основе результатов исследований сформировано понятие **«Главенствующей роли целого»**: определяет собой доминирование естественных процессов влагооборота в бассейновых геосистемах более высоких иерархических уровней в пределах биосферы Земли над процессами формирования водного стока в зонах влияния «ОД» и целенаправленного использования части водного стока

в технологических процессах хозяйственной деятельности путем создания комплекса различных типов ГТС во ВВВ с «ПС» и проживающим «Н».

Методология исследования базируется на фундаментальных законах природы, современных проблем устойчивого развития класса ПТС «ПС — ОД — Н», системного единства действий природы и проводимой хозяйственной деятельности по использованию водных ресурсов, формирующихся в пространстве и времени речных бассейновых геосистем, синтеза результатов исследований на основе системного подхода [1—3].

На основе результатов исследований, действующих и строящихся ПТС «ПС — ОД — Н» в пределах бассейновых геосистем рек Кубани и Нижнего Дона сформированы пространственно-временные системные показатели в виде аксиоматических утверждений:

1. Свойства класса ПТС «ПС — ОД — Н» проявляются в процессах ВВВ «ПС», «ОД», «Н» в пространственных пределах бассейновой геосистемы, где формируются водные ресурсы.

2. Несводимость свойств в целом к сумме свойств составляющих его частей и компонентов «ПС», «ОД», «Н» и входящих в них элементов.

3. Открытостью к окружающей природной среде в пространственных пределах бассейновой геосистемы и, соответственно, к более высоким системным иерархическим уровням.

4. Устойчивым ростом возможности влиять на ОПС и социально-экономическую среду в пространственных пределах бассейновой геосистемы.

5. Неотъемлемой востребованностью к использованию водных ресурсов в жизнедеятельности населения и проводимой хозяйственной деятельности.

6. Устойчивой тенденцией роста возможностей по обеспечению роста полезной мощности системы (Р) путем внедрения более совершенных технологий и конструктивных решений по использованию водных ресурсов с повышением КПД.

7. Устойчивой тенденцией снижения темпов роста мощности потерь (G) в системе за счет роста полезной мощности (P).

8. Обеспечение повышения ресурсоэффективности и снижения энергозатрат на стадиях принятия проектных решений строительства и эксплуатации.

9. Характер расположения «ОД» в пространственных пределах бассейновой геосистемы определяет пространственную структуру класса ПТС «ПС — ОД — Н» [1, 3].

10. Временная структура выражается функциональным использованием «ОД» в сезонные периоды года.

11. Функциональная структура определяется «ОД» в их целенаправленной ВВВ с «ПС» и проживающим «Н» в пространственных пределах бассейновой геосистемы в зависимости от конкретных потребителей, водопользователей.

В развитии основ методологии развития данного класса систем важным является более обширное системное обоснование понятия принципа **«Главенствующей роли целого»**. Данный принцип в классе ПТС «ПС — ОД — Н», как установлено исследованиями, определяется процессами неотъемлемой ВВВ компонентов рассматриваемой системы с природными компонентами бассейновых геосистем более высоких иерархических уровней, под воздействием которых происходят естественные процессы формирования водно-

го стока в пространственных пределах бассейновой геосистемы, в пределах которой функционирует «ОД» рассматриваемой ПТС «ПС — ОД — Н». ВВВ естественных процессов по формированию водного стока в пространственных пределах бассейновой геосистемы под воздействием гидрологических процессов систем более высоких иерархических уровней, взаимосвязанных с глобальным влагооборотом, определяют **природную** составляющую принципа **«Главенствующей роли целого»** над природными и техногенными компонентами в рассматриваемой ПТС «ПС — ОД — Н» [1—3]. **Техногенная** составляющая принципа **«Главенствующей роли целого»** определяется внутрисистемными процессами ВВВ «ОД» с «ПС» и проживающим «Н», определяющими собой пространственные границы зон влияния «ОД» в пределах бассейновой геосистемы.

Природная составляющая принципа **«Главенствующей роли целого»** изначально формируется процессами глобального влагооборота в пределах биосферы Земли и по иерархической системной взаимосвязи достигает уровня локальных бассейновых геосистем, в пределах которых функционируют ПТС «ПС — ОД — Н».

Системная взаимосвязь протекающих процессов в биосфере Земли, формирующих собой естественные процессы, в том числе гидрологические, в пределах бассейновых геосистем более низких иерархических уровней, определяют собой **природную** составляющую принципа **«Главенствующей роли целого»** в части формирования стока в классе ПТС «ПС — ОД — Н». Следует отметить, что гидрологические процессы, формирующиеся в пространственных пределах бассейновых геосистем на разных иерархических уровнях, находятся в зависимости от конкретных природных факторов расположения на земной поверхности суши.

Техногенная составляющая принципа **«Главенствующей роли целого»** в целенаправленном функционировании «ОД» в составе класса ПТС «ПС — ОД — Н» является последующим системным звеном последовательности практического использования водных ресурсов в различных технологических процессах хозяйственной деятельности. Как показывают результаты исследований (натурных, лабораторных), **техногенная** составляющая принципа **«Главенствующей роли целого»** находится в полной зависимости от функциональных, конструктивных и других характеристик «ОД», что важно учитывать при принятии проектных решений.

Для «ОД» в составе ПТС «ПС — ОД — Н» их функциональная характеристика, к примеру регулирование и перераспределение стока, конструктивная характеристика, к примеру для отбора расчетных расходов воды из водного объекта, сброса в нижний бьеф паводковых расходов и т. п., в зависимости от **«Главенствующей роли целого»** определяются **«Экологической приемлемостью»** (ЭП), которая представляет собой своеобразную «копию» природной системы в преобразовании форм энергии с тенденцией снижения роста энтропии. ЭП «ОД» выражается конструктивным совершенством, функциональной надежностью при различных режимах работы «ОД» в составе ПТС «ПС — ОД — Н», а в системном механизме обеспечением сохранения и изменения интенсивности движущихся потоков ВЭИ в пространственных пределах бассейновой геосистемы, что способствует выполнению **«Главенствующей роли целого» техногенной** составляющей. В развитии

понятия **техногенной** составляющей принципа **«Главенствующей роли целого»** ЭП «ОД» в составе ПТС «ПС — ОД — Н», как установлено результатами исследования, может характеризоваться следующими концептуальными утверждениями [4, 7, 10, 14]:

1. ЭП «ОД» находится в зависимости от конструктивного совершенства используемых типов ГТС, сопутствующих устройств в виде рыбозащитных, рыбопропускных и т. п., а также функциональных вспомогательных зданий.

2. ЭП характеризуется процессами ВВВ «ОД» с «ПС», формирующие собой ЭС под воздействием вносимых изменений в движение потоков ВЭИ.

3. ЭП находится в зависимости от ресурсоемкости, энергоэффективности в технологических процессах строительства и эксплуатации «ОД».

4. Ведущим показателем в причинно-следственной логике ВВВ «ОД» с «ПС» в пространственных пределах зон влияния при оценке ЭП «ОД» является ЭС.

5. ЭП сопутствует процессам самоорганизации как универсальной модели взаимосвязанных преобразований в «ПС» под воздействием «ОД» в составе ПТС «ПС— ОД — Н».

6. ЭП «ОД» способствует доминированию естественных процессов преобразований в «ПС» и снижению темпов роста уровня энтропии.

7. ЭП «ОД» в составе ПТС «ПС— ОД — Н» способствует приспособлению и адаптации конструктивных элементов «ОД» к окружающей внешней среде путем структурных преобразований в «ПС».

8. ЭП взаимосвязана с процессами самоорганизации по совершенствованию конструктивных элементов «ОД» составе ПТС «ПС— ОД — Н».

9. ЭП «ОД» в составе ПТС «ПС— ОД — Н» характеризуется конструктивными и функциональными количественными и качественными показателями.

10. Оценка уровня ЭП «ОД» в составе ПТС «ПС— ОД — Н» определяется путем системного комплексного экологического мониторинга (СКЭМ) [4, 7, 10, 14].

В рассматриваемых ПТС «ПС— ОД — Н» «ОД» является центральным **техногенным** компонентом, замыкающим на себе в зонах влияния определенные пространственные пределы бассейновой геосистемы в причинно-следственной взаимосвязи с ЭП и формирует ЭС, которое выражается показателями ЭБ как важного фактора в процессах жизнедеятельности проживающего «Н», растительного и животного мира.

Выводы:

1. В развитии основ методологии исследования класса ПТС «ПС — ОД — Н» исходя из системных принципов **структурности**, **иерархичности**, **множественности** обосновано понятие доминирующего принципа **«Главенствующей роли целого»** над **природными** и **техногенными** компонентами, где **природная** составляющая данного принципа формируется во ВВВ с процессами глобального влагооборота в пределах биосферы Земли, а **техногенная** составляющая в причинно-следственной взаимосвязи функционирования «ОД» с технологическими процессами использования водных ресурсов.

2. На основе результатов исследований, действующих и строящихся ПТС «ПС— ОД — Н» в пределах бассейновых геосистем рек Кубани и Нижнего Дона определены пространственно-временные системные аксиоматические

показатели оценки уровня конструктивного совершенства «ОД» как важного фактора по обеспечению ЭБ в зонах их влияния.

3. На основе принципа **«Главенствующей роли целого»** в **техногенной** составляющей класса ПТС «ПС— ОД — Н» сформулировано понятие ЭП «ОД», которая представляет собой своеобразную «копию» природной системы в преобразовании формы энергии с тенденцией снижения роста энтропии.

4. Исходя из понятия **техногенной** составляющей принципа **«Главенствующей роли целого»** в составе класса ПТС «ПС— ОД — Н» определяется десятью концептуальными утверждениями, в зависимости от которых формируется ЭС в природных средах как фактор ЭБ в жизнедеятельности проживающего населения, растительности и животного мира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондаренко В. Л.* Природообустройство: территории бассейновых геосистем : учеб. пособие / под общ. ред. И. С. Румянцева. Ростов-на-Дону : Март, 2010. 527 с.

2. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем : монография / В. Л. Бондаренко, Г. М. Скибин, В. Н Азаров, Е. А. Семенова и др. Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2016. 419 с.

3. Понятие времени в оценке экологического состояния зонах влияния объектов деятельности по использованию водных ресурсов / Е. А. Семенова, В. Л. Бондаренко, А. В. Алиферов, О. В. Клименко // Современная наука и инновации. 2017. № 4(20). С. 105—109.

4. Методология формирования новых идей в технологических процессах использования водных ресурсов / В. Л. Бондаренко, Е. А. Семенова, А. В. Алиферов, О. В. Клименко // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 50(69). С. 73—79.

5. *Будыко М. И., Дроздов О. А.* О влагообороте на ограниченной территории суши // Вопросы гидрометеорологической эффективности полезащитного лесоразведения. Л. : Гидрометеоиздат, 1950. 248 с.

6. *Вендров С. Л.* К вопросу об исследованиях взаимодействия крупных гидроузлов и водохозяйственных систем с окружающей средой. М. : Тр. гидропроекта, 1979. 56 с.

7. *Дейвис Г. Р.* Энергия для планеты Земля // В мире науки. 1990. № 11. С. 7—16.

8. *Бондаренкко В. Л., Штавдакер М. И.* Системный подход классификации экологического мониторинга в зонах влияния водохозяйственных объектов //Современное научное знание: теория, методология, практика : сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции. Ч. 2. Смоленск : ООО «Новаленсо», 2018. 170 с.

9. *Bondarenko V. L.* Metodological basics of assessing ecological safety in the zones where waterworks units influence natural habitats with the use of water resources. IOP Confirience Series: Materials Science and Engineering. 2019.

10. Основы конвергенции технологий в использовании водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве / В. Л. Бондаренко, Е. А. Семенова, И. В. Гурина, А. В. Алиферов / В мире научных открытий. 2017. Т. 9. № 1. С. 100—114.

11. *Волосухин В. А., Бондаренко В. Л.* Строительные системы охраны водных ресурсов с использованием конструкций из тканевых материалов : монография. Новочеркасск : Колорит, 2008. 164 с.

12. *Khetsuriani E. D., Kostyukov V. P., Khetsuriani T. E.* Analysis and Evaluation of Parameters Determining Maximum Efficiency of Fish Protection // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 262.

13. *Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Polyansky N. A.* Methodological bases of creation and development of a new type of natural and technical system of multipurpose water use un urban areas // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 262.

14. *Ковальчук М. В.* От синтеза в науке — к конвергенции в образовании // По материалам статьи из журнала «Образовательная политика». 2010. № 11—12(49—50). С. 1—12.

© Семёнова Е. А., Бондаренко В. Л., Хецуриани Е. Д., Штавдакер М. И., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Методологические основы развития специализированного типа природно-технических систем использования водных ресурсов / Е. А. Семёнова, В. Л. Бондаренко, Е. Д. Хецуриани, М. И. Штавдакер // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 63—73.

Об авторах:

Семёнова Елена Анатольевна — канд. техн. наук, доцент, Северо-Кавказский федеральный университет (филиал в г. Пятигорске); Российская Федерация, 57500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, 56, deakannn@mail.ru

Бондаренко Владимир Леонидович — д-р техн. наук, профессор кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111, kafedra.tbmip@yandex.ru

Хецуриани Елгуджа Демурович — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и защиты окружающей среды, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, goodga@mail.ru

Штавдакер Мария Ивановна — аспирант, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111, Shtawkader.marya@yandex.ru

Elena A. Semenova[a], Vladimir L. Bondarenko[b], Elgudzha D. Khetsuriani[c], Maria I. Shtavdaker[b]

[a] North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk)

[b] Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University

[c] Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

METHODOLOGICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A CLASS OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS FOR THE USE OF WATER RESOURCES

The subject of research is the existing and created water-management objects, referred to as “objects of activity” (“OD”), related to the use of water resources in the branches of economic activity, the quantity and quality indicators of which are formed in the surface and sub-ground flow within the spatial limits of river basin geosystems, including the surface layers of the atmosphere (up to 10 km high), the ground surface of the catchment area of the hydrographic river network, the upper layers of the lithosphere (up to 300 m deep). Renewable water resources are used in almost all sectors of economic and other activities, the life of the population, the animal and plant world in the considered spatial limits of the basin geosystem, which defines a special type of activity. Practical use of water resources in technological processes of industrial, agricultural production, electric power generation at HPP, HPP, NPP, TPP, multi-purpose water supply systems of urban farms and other types of activities is carried out by building “OD” in the form of a complex of hydraulic structures (KGTS). System interconnection, interaction and relationship (VVV) “OD” C “Natural environments” (“PS”) — atmosphere-Roy, hydrosphere, upper layers of lithosphere, the soil and living “Population-oriented” (“N”) in zones of influence “OD” defines a special class of natural-technical systems (PTS) “the Natural environment — Object of activity — Population” (“PS — OD — N”). To develop the scientific basis of the methodology for the development of the PTS class “PS — OD — N” determine the necessity of studying the processes between VVV “PC”, “DO” and living “N” in their systemic integrity, as a governance mechanism to ensure EB in zones of influence “OD”. For the development of the study methodology class title “PS. — ODN” what is important is the concept of “Primacy of the whole”, which defines the notion of “Environmental sustainability” “OD” in the composition of the class title “PS — OD — N”, ecological status (ES) in zones of influence “OD” as a dominant factor EB [1—3].

K e y w o r d s: multipurpose water supply system, water supply, water environment, ecological safety, bioresources, water management systems.

For citation:

Semenova E. A., Bondarenko V. L., Khetsuriani E. D., Stavdaker M. I. [Methodological basis for the development of a class of natural and technical systems for the use of water resources]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 63—73.

About authors:

Elena A. Semenova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk); 56, 40 Let Oktyabrya St., Pyatigorsk, 57500, Russian Federation, deakannn@mail.ru

Vladimir L. Bondarenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor of Technogenic Safety, Melioration and Environmental Engineering Department, Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University; 111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, kafedra.tbmip@yandex.ru

Elgudzha D. Khetsuriani — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Professor of Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection Department, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI); 132, Prosveshcheniya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, goodga@mail.ru

Maria I. Shtavdaker — Postgraduate student, Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University; 111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, Shtawkader.marya@yandex.ru

УДК 628.168

Н. О. Сиволобова, Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, В. С. Тельнов, М. А. Бажутова

Волгоградский государственный технический университет

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ С ЦЕЛЬЮ ПОДАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВОДНЫХ СИСТЕМАХ

В работе представлены результаты комплексной обработки воды электрическим полем и пероксидом водорода, позволяющей подавлять развитие микробиологических загрязнителей в технических водных системах. Комбинированное воздействие обеспечивает значительное снижение содержания микроводорослей и бактерий. При этом обработанная вода способна поддерживать достигнутое качество обезвреживания, что дает возможность ее безопасной транспортировки и длительного использования в системах водооборота.

Ключевые слова: обработка, процессы, вода, коррозия, обрастание, реагенты, способы, теплоноситель, электрообработка, биокультуры.

Во многих технологических процессах, применяющих воду, особенно имеющую контакт с окружающей природной средой (забор воды из естественных и искусственных открытых водоемов, контакт с атмосферным воздухом, аэрация), возникают проблемы заселения воды различными формами микроорганизмов, многоклеточными, животными и растениями. Микробиологическое загрязнение, особенно рост биопленки, может серьезно отразиться на качестве очищенной воды и нанести существенный эксплуатационный ущерб при работе установок очистки воды [1]. Организмы, попадающие в системы водоснабжения извне, подразделяются на аллохтонные и автохтонные. Аллохтонные организмы не способны к нормальной жизнедеятельности в водопроводной системе. К аллохтонным организмам относятся нитчатые бактерии, грибы, водоросли и различные планктонные животные. Среди нитчатых бактерий часто служит помехой *Sphaerolitus natans*. Среди грибов наиболее опасен *Leptomitus lascteus*. Водоросли, создающие помехи в водоснабжении, относятся к различным типам. В северных районах работу систем водоснабжения затрудняют в основном диатомовые водоросли; в южных — синезеленые и зеленые водоросли. Автохтонные микроорганизмы также попадают в систему водоснабжения в основном с потоком исходной воды, но в отличие от аллохтонных приживаются в водопроводной системе и способны в ней размножаться. Многие из них развиваются на трубах и каналах более интенсивно, чем водоемах, так как здесь отсутствуют их естественные враги. Среди автохтонных микроорганизмов присутствуют бактерии, грибы, моллюски, членистоногие, черви, мшанки, губки, простейшие и другие низшие животные. Водоросли к автохтонным организмам обычно не относятся, так как отсутствие света препятствует их жизнедеятельности. У автохтонных микроорганизмов есть приспособления, позволяющие им прикрепляться к поверхностям стенок и труб и тем самым противостоять потоку воды. Внутренние обрастания в трубах очень стойки и часто располагаются в труднодоступных местах. Поэтому бороться с автохтонными обрастаниями гораздо труднее, чем с аллохтонными, и ущерб, причиняемый ими, очень велик. Ал-

лохтонные микроорганизмы создают помехи в основном в работе фильтров, автохтонные — во всей системе водоснабжения [2].

Удаление микроорганизмов не всегда является первоочередной задачей систем водоподготовки, водоочистки, оборотного водоснабжения. Однако все системы очистки воды сталкиваются с последствиями микробиологического роста. Наличие в воде различного рода биологических объектов приводит к нарушениям расчетных режимов работы оборудования, связанных с увеличением гидравлического и термического сопротивлений, может провоцировать биологическую коррозию поверхностей [3].

В настоящее время проблема нарастания биомассы в технической воде решается в следующих направлениях: водоподготовка (предотвращение образования биообъектов) и воздействия, препятствующие закреплению биообъектов на поверхностях оборудования. Процессы обработки воды, как правило, проводятся с использованием сильных окислителей (хлор, хлорамины) и других реагентов, которые могут вызвать коррозию элементов оборудования, а также создать сложности при необходимости очистки оборотной воды наиболее распространенными биологическими методами [4, 5].

Существуют два основных подхода для того, чтобы регулировать бактериальный рост в системе водоснабжения. Первый должен обеспечить достаточный уровень биоцидного агента в пределах системы водоснабжения (непрерывное дозирование). Это обычно и используется, когда в исходную воду вводят большое количество хлора или хлораминов, чтобы обеспечить его остаточное содержание по системе распределения, вплоть до точек потребления. Хлор является самым обычным применяемым биоцидом (минимальное остаточное содержание — 0,3 мг/л). Озонирование также часто применяется в системах очистки воды, хотя в этом случае поддержание остаточного содержания озона в воде затруднено из-за его быстрого разложения. Второй подход заключается в периодической дезинфекционной обработке системы. Варианты использования биоцидов при периодической или непрерывной обработке будут зависеть от требуемого качества воды [6, 7].

Поиск технологических режимов обработки воды, позволяющих предотвращать развитие микробиологических загрязнителей в системах очистки и транспортировки воды с целью обеспечения штатной работы оборудования и в то же время сохранения ее качественных характеристик при минимизации затрат энергии и реагентов, является актуальным вопросом. Обработка технологических вод с использованием воздействий электрического поля, с минимальным или полным отсутствием химических реагентов позволяет решать вопросы борьбы с биологическим обрастанием. Метод может быть эффективно использован в любых технических водных системах.

Задачами работы были подбор режимов электрохимической обработки воды с целью ингибирования роста биокультур и их уничтожения, обеспечивающих высокое качество очистки при минимальных затратах электроэнергии, а также возможность интенсификации процесса при введении химического дезинфицирующего агента — пероксида водорода как с целью достижения оптимальных параметров обезвреживания микробиологических загрязнений, так и с целью сохранения качеств обработанной воды на протяжении продолжительного времени. Воздействия электрического поля можно использовать как вспомогательный фактор обработки. Оно не используется

как непосредственный фактор обеззараживания, а накладывается интенсификация для химических реагентов.

При этом рассматривается возможность проведения процесса вне технологического оборудования.

Известны способы борьбы с биообрастанием теплообменного оборудования электрообработкой теплоносителя. Электрообработка позволяет подавлять жизнедеятельность микроорганизмов в воде и предотвращать образование биопленки на теплопередающих поверхностях аппаратов. При этом само технологическое оборудование требует конструктивных изменений и подвергается воздействию электрического поля, что может вызывать трудности его эксплуатации [8—10].

Известно, что приложенное к бактерии внешнее поле приводит ее и всю систему, в частности мембрану, в «возбужденное» состояние, что может служить причиной нарушения метаболических процессов в клетке и, следовательно, в бактерии.

Перспективным направлением является подбор режимов электрохимической обработки воды с целью ингибирования роста биокультур и их инактивирования [7, 11].

Экспериментальные исследования по оценке качества электрохимического обезвреживания воды проводились с целью выявления возможности обработки с минимальными затратами электроэнергии, оценки эффективности и целесообразности использования данного метода. В качестве модельной среды использовалась речная вода, применяющаяся в качестве промышленного теплоносителя. Оценка биомассы и ее прироста и убыли в воде производились мембранным методом с использованием ультрафильтрационного аппарата с мембранами Владипор типа МФАС-Х-1.

Мембраны Владипор типа МФАС-Х-1 — микропористый пленочный материал, изготовленный на основе смеси ацетатов целлюлозы с размером пор 0,9 мкм. Такому размеру соответствуют загрязнители, представляющие собой в основном культуры в виде микроводорослей. Применение: для определения массовой концентрации взвешенных веществ, в природной воде и очищенных сточных водах. Технические особенности: нетоксичны.

Обработка воды проводилась в стационарном непроточном режиме в электролизере, емкостью 5 литров с электродной системой из титановых нерастворимых электродов, при температуре окружающей среды. При этом нагрев воды при действии электрического поля не превышало 40 °С вследствие воздействия малых токов и процесса естественного теплообмена ОС. Такие температуры не могут оказывать рост на биологические объекты.

Общий объем исследуемой воды был разделен на две пробы, одна из которых подвергалась периодическому воздействию электрического поля, вторая находилась при тех же условиях (открытая емкость, температура в пределах 20…24 °С, на свету) без обработки.

Экспериментальным путем были подобраны минимальные токовые параметры, позволяющие достигать приемлемых результатов по качеству обработки. При работе с исследуемой модельной водой из серии экспериментов были выбраны показатели постоянного тока силой I = 0,5 А, напряжение при этом составляло U = 18 В. Параметры обработки были выбраны исходя из возможно меньших расходов электроэнергии. Длительность эксперимента составила

14 дней, в каждый из которых электролизер включался на 1 час. Результаты представлены на рис. 1.

Экспериментальные исследования показали значительное снижение содержания биокультур в воде, степень обезвреживания составила порядка 70 % от исходного количества загрязнителей. При этом в контрольном образце воды наблюдался рост биомассы, практически вдвое превышающий первоначальное содержание загрязнителей. Данные экспериментов позволяют сделать вывод об эффективности данного вида обработки и проведения дальнейших исследований с целью определения оптимальных технологических параметров.

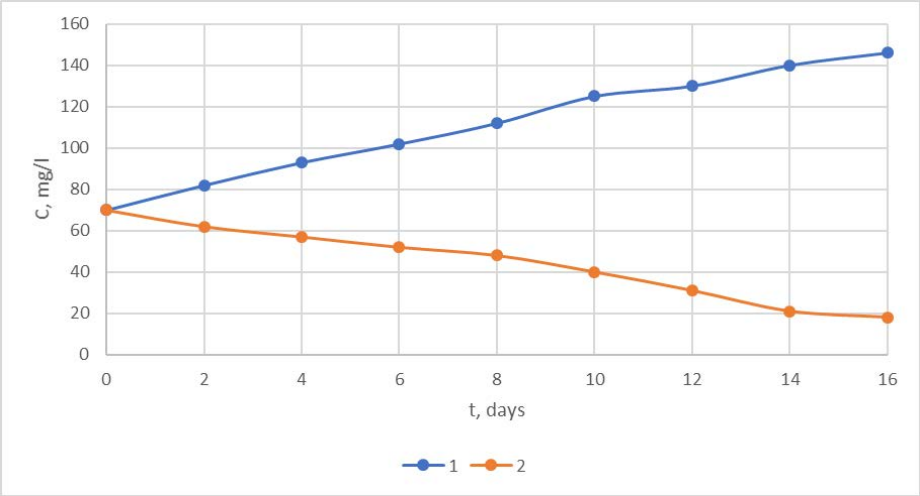


Рис. 1. Зависимость концентрации микроорганизмов от времени: *1* — обработанная вода; *2* — вода без обработки

Для оценки возможности использования электрообработки воды, находящейся в промышленном водообороте, были проведены исследования, оценивающие эффект «последействия», то есть длительность поддержания водой достигнутого качества обезвреживания. Для этого эксперимент по обработке электрическим полем был приостановлен с целью определения времени сохранности полученных результатов.

На рисунке 2 представлены результаты роста биомассы в образце без обработки и подвергавшемся электохимическому воздействию.

Из представленных зависимостей видно, что рост биомассы начался спустя 10 дней после остановки эксперимента, это дает возможность минимизировать время обработки воды, сократить затраты электроэнергии. По данным экспериментов, для достижения и поддержания минимального содержания загрязнителей на уровне 20 мг/л достаточно проводить обработку в течение 1 часа 1 раз в неделю. Для конкретных условий технологических процессов могут быть подобраны соответствующие эффективные и экономичные режимы обработки.

Очевидным недостатком электрообработки является малая продолжительность эффекта сохранения качества воды. Поэтому в технологических системах с оборотным водоснабжением, системах с паузами в технологиче-

ском процессе, с протяженной системой водопроводов необходимо внесение дополнительных агентов, поддерживающих эффект обезвреживания. При наличии большого разнообразия химических реагентов для обработки воды был выбран реагент — пероксид водорода, обладающий минимальными негативными эффектами как для технологического оборудования, так и для окружающей среды [12].

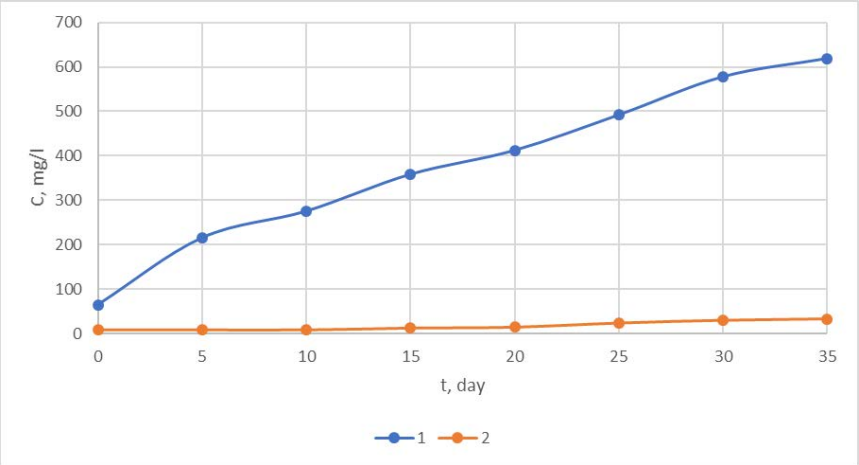


Рис. 2. Зависимость концентрации микроорганизмов от времени: *1* — обработанная вода; *2* — вода без обработки

Кислородсодержащие препараты, в частности перекись водорода, являются сильными окислителями, которые образуют свободные радикалы, повреждающие липиды клеточной мембраны, ДНК и другие важные компоненты микробной клетки [13].

Несмотря на продукцию многими микроорганизмами каталазы, которая защищает клетки от воздействия перекиси водорода путем разложения ее на воду и кислород, используемые при дезинфекции концентрации H_2O_2 позволяют в большинстве случаев преодолеть данный механизм резистентности. Однако в высоких ее концентрациях на фоне таких положительных качеств, как широкий спектр активности, включающий споры бактерий, отсутствие запаха, быстрое разложение во внешней среде на нетоксичные продукты, выражены отрицательные качества — высокая тканевая токсичность с выраженным местно-раздражающим и резорбтивным действием. При использовании пероксидных средств необходимо четко выполнять инструкции по их применению, так как при высокой концентрации они весьма агрессивны. Поэтому минимизация дозы реагента при одновременном воздействии на воду электрического поля позволит без потери качества обработки воды исключить возможные негативные проявления применения H_2O_2 [14, 15].

Экспериментальные исследования проводились при тех же токовых режимах, но с добавлением пероксида водорода 9 %, 38 % водных растворов пероксида водорода, стабилизированных добавлением фосфатов натрия. Серия экспериментов позволила определить, что граничная минимальная концентрация, обеспечивающая высокие показатели обработки, составляет 10 мл/л 19 % раствора. Результаты обработки приведены на рис. 3.

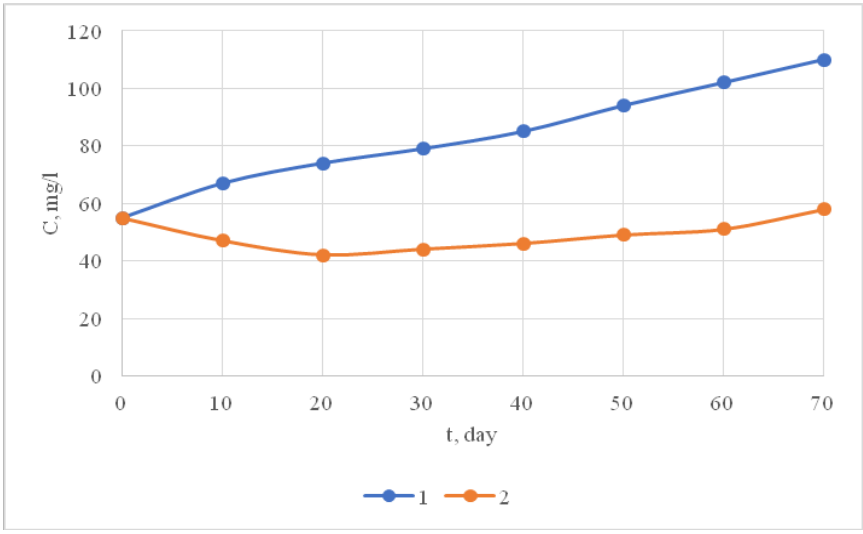


Рис. 3. Зависимость концентрации микроорганизмов от времени: *1* — обработанная вода; *2* — вода без обработки

Результаты обработки показывают примерно одинаковую эффективность обезвреживания электрообработкой без применения реагентов (порядка 70 %) и комбинированным воздействием (80 %). А экспериментальные исследования эффекта «последействия» дают возможность говорить о значительном продлении времени сохранения качества обработанной воды. Данные представлены на рис. 4.

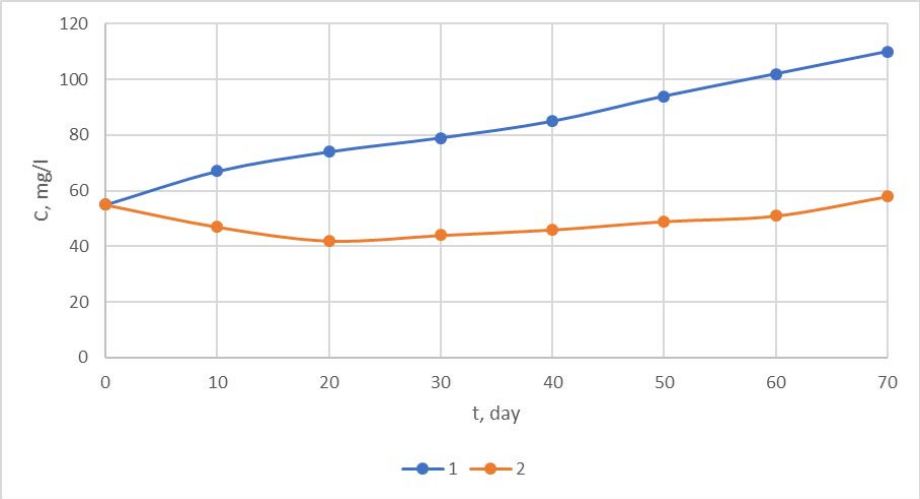


Рис. 4. Зависимость концентрации микроорганизмов от времени: *1* — обработанная вода; *2* — вода без обработки

Как видно из графика, заметный рост биокультур начинается только на 30—40 сутки после полного прекращения воздействий на воду. Данные результаты позволяют подобрать технологические режимы обработки для различных вод с различными требованиями к качеству.

Для выявления эффективности обработки на более мелкие объекты были проведены бактериальные посевы проб воды на определение числа КОЕ (колониеобразующие единицы) — это показатель количества жизнеспособных микроорганизмов в единице объема (1 см^3), в жидкости (1 мл). Посев производился согласно ГОСТ 18963—73 «Вода питьевая».

Эксперимент по обеззараживанию воды проводился в тех же условиях и при тех же режимах обработки. В первой части исследований оценивалась эффективность обеззараживания в электрическом поле без добавления химических реагентов, во второй части оценивалось качество комплексной обработки. Данные приведены на рис. 5 и 6.

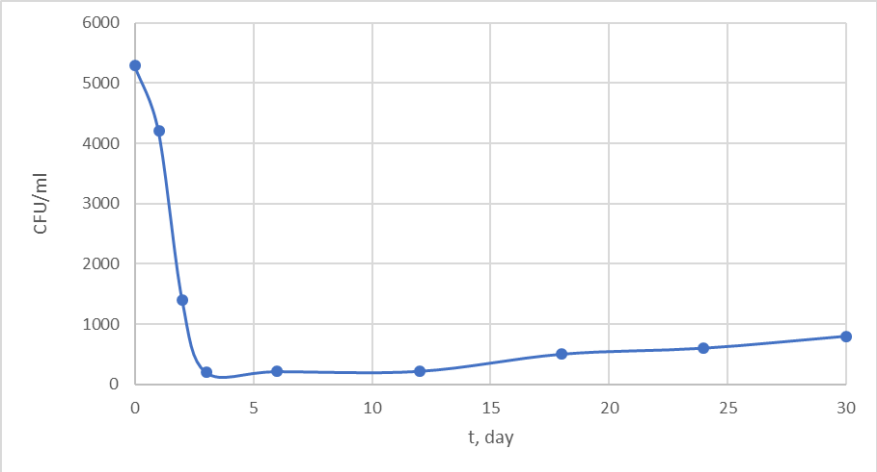


Рис. 5. Зависимость количества КОЕ от времени

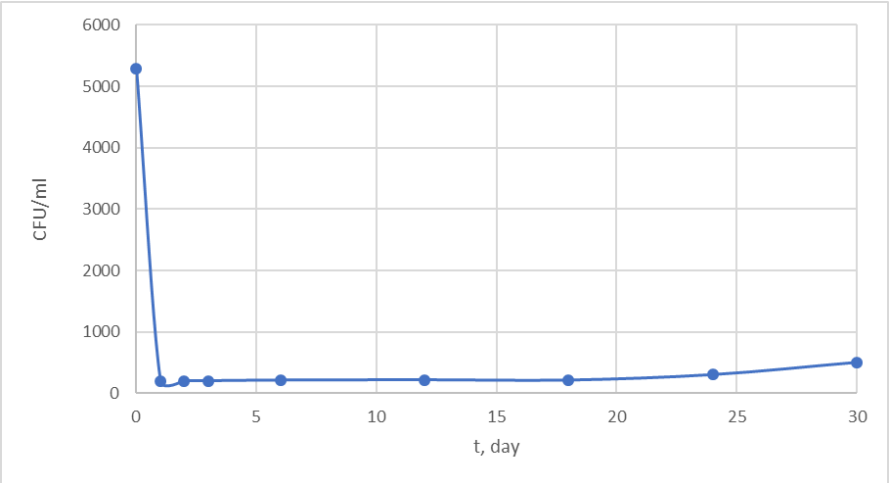


Рис. 6. Зависимость количества КОЕ от времени

Результаты обработки позволяют говорить о высокой эффективности обеззараживающего действия (порядка 99 %) при прямом воздействии электрического поля (100 %) и значительном увеличении эффекта «последействия», достигающего при комбинированной обработке 20—25 дней.

Для подтверждения достоверности результатов эксперименты проводились с пятикратным повторением в разное время года, с похожими условиями, коэффициент достоверности составляет 2,5 %, что показывает достаточную точность результатов эксперимента.

Полученные в результате экспериментальных исследований данные позволяют говорить о перспективности предлагаемой комплексной обработки воды и после дополнительных исследований могут быть реализованы в разработке установок электролитического обезвреживания (электролизеры проточного типа) и систем дозирования и смешения реагентов (пероксидных соединений). Такие установки являются доступными и могут быть интегрированы в существующие технологические системы стадий водоочистки, систем оборотного водоснабжения, водоподготовки, транспортировки воды и т. д. для реализации предлагаемого метода борьбы с микробиологическими загрязнениями.

В настоящие время экономически выгодно использовать комбинированные методы на станциях малой производительности. Использование метода обеззараживания с помощью электрического поля позволит снизить расходы на обеспечение безопасности на станции. Для получения эффекта пролонгации используется экологически безопасный реагент — пероксид водорода.

Для станции с производительностью 10 тыс. $м^3$/сут был произведен сравнительный анализ. В сравнительном анализе использовались 5 технологий обеззараживания воды:

- вариант 1 — обеззараживание газообразным хлором;
- вариант 2 — обеззараживание электрическим полем совместно с добавлением пероксида водорода;
- вариант 3 — обеззараживание гипохлоритом натрия и УФ-излучением;
- вариант 4 — обеззараживание диоксидом хлора (импортный);
- вариант 5 — обеззараживание диоксидом хлора (отечественный).

Капитальные затраты по разным методам обеззараживания представлены на рис. 7 [18]. Как видно, наибольшие капитальные затраты в этом случае требуются на, казалось бы, самый простой метод — хлорирование, однако наибольшую долю в этом случае представляют собой затраты на обеспечение безопасности производства.

Хотя производственный объект, на котором хранится, используется хлор в количестве 0,5…2,5 т, является опасным производственным объектом (ОПО) IV класса опасности и разработка ПЛА не требуется, как и разработка декларации промышленной безопасности и лицензии Ростехнадзора на эксплуатацию взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов (Федеральный закон № 22-ФЗ[1]), однако все же требуется дорогостоящее оборудование для своевременного обнаружения и регистрации наличия хлора в воздухе и нейтрализации этого выброса в целях защиты обслуживающего персонала и окружающей среды от поражения хлором. В соответствие с Постановлением от 1 марта 1993 г. № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных

[1] Федеральный закон РФ от 04.03.2013 № 22-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». URL: http://www.pravo.gov.ru.

объектов»[2] на станции водоподготовки необходимо создать локальную систему оповещения, которая представляет собой организационно-техническое объединение дежурной службы потенциально опасного объекта, технических средств оповещения, сетей вещания и линий связи.

В настоящее время именно повышенные требования к обеспечению безопасности производства в случае использования газообразного хлора вынуждают малые водоканалы переходить на альтернативные методы.

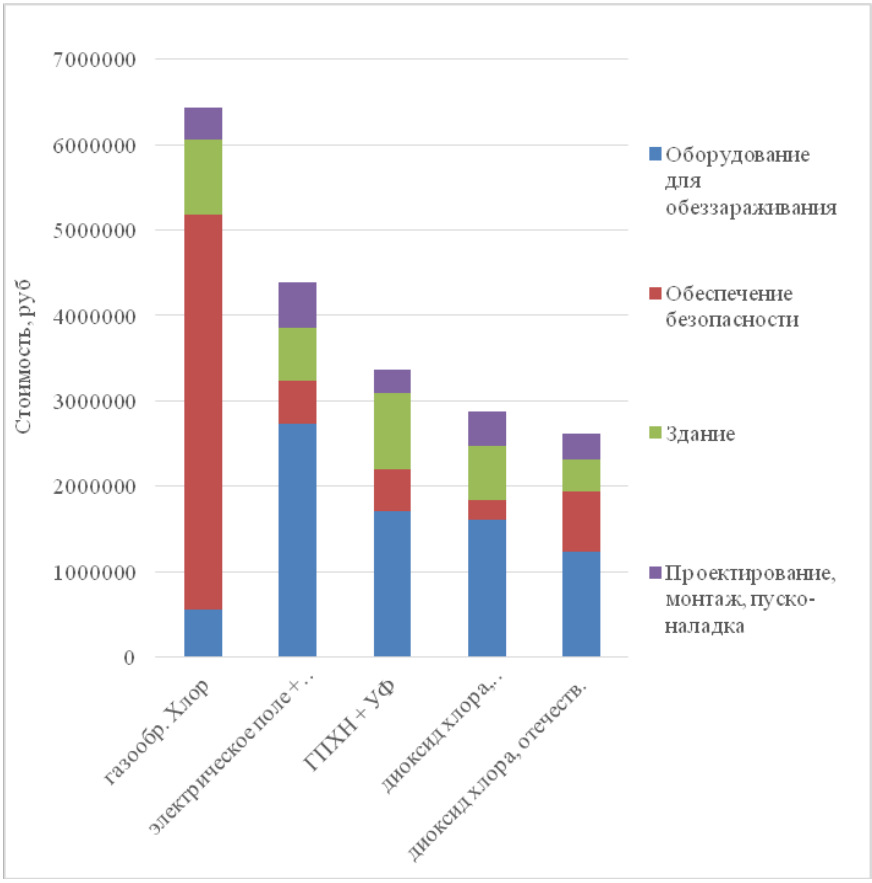


Рис. 7. Сравнение капитальных затрат на строительство блоков обеззараживания для станции водоподготовки

Наименьшие капитальные затраты требуются при организации обеззараживания диоксидом хлора с использованием установки российского производства (вариант 5).

Для каждого из вариантов была произведена оценка эксплуатационных затрат (рис. 8) [16]. Статья расходов «Реагенты» включает в себя затраты на реагенты для обеззараживания, нейтрализации аварийных выбросов и промывки оборудования.

[2] Постановление Правительства РФ от 01.03.1993 № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов» // СПС «КонсультантПлюс».

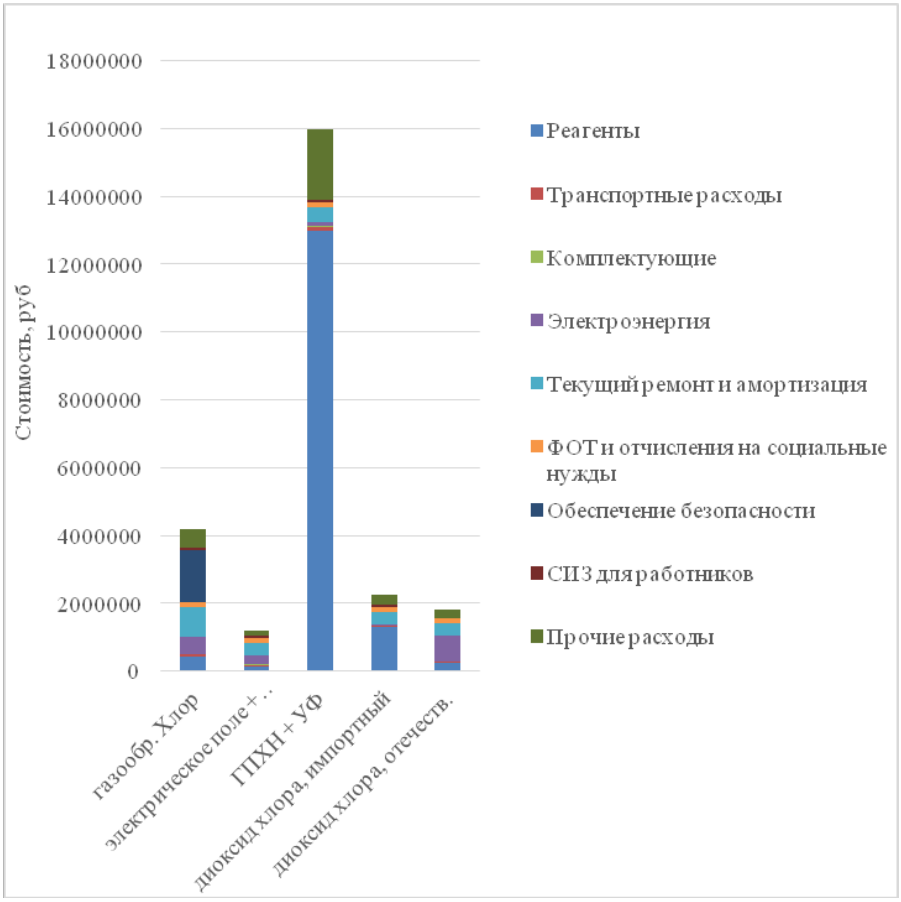


Рис. 8. Сравнение эксплуатационных затрат на обеззараживание воды для станции водоподготовки

Как видно из рис. 8, наибольшие эксплуатационные затраты в случае использования товарного гипохлорита натрия за счет высокой стоимости концентрированного раствора гипохлорита натрия. Наименьшие эксплуатационные затраты имеют варианты 2 и 5.

Выводы:

Полученные результаты позволяют сделать заключение о перспективности работ по поиску оптимальных технологических параметров комплексной электрохимической и реагентной обработки воды для борьбы с микробиологическими загрязнениями, которые могут влиять на качестве очищенной воды и нанести существенный эксплуатационный ущерб при работе технических водных систем.

Результаты исследований позволяют сделать выводы о перспективности применения электрообработки технологических вод для обеспечения минимизации роста биокультур. Обработка позволяет значительно снизить содержание загрязнителей различного вида — от 70 % по микроводорослям и до 99 % по КОЕ. При этом обработанная вода способна поддерживать достигнутое качество обезвреживания как минимум на протяжении 7—10 дней, что позволяет значительно снизить затраты электроэнергии на поддержание за-

данных требований по качеству воды, обеспечить длительное ее использование в системах водооборота и транспортировки без опасности образования биобрастаний элементов технологического оборудования.

При обработке воды комплексом электрохимического воздействия и пероксидом водорода эффективность обезвреживания дает немного лучшие результаты — от 80 % по микроводорослям и до 100 % по КЕО. Но при этом экспериментальные исследования эффекта «последействия» дают возможность говорить о значительном продлении времени сохранения качества обработанной воды. Рост биокультур начинается только на 30—40 сутки после полного прекращения воздействий на воду, по КЕО — на 20—25 сутки.

Реализация комплексной обработки воды возможна в различных технических водных системах с применением промышленных электролизных установок с модулем нерастворимых электродов и узлом дозирования реагента. Обезвреживание воды в технологической схеме позволит не только поддерживать заданные параметры качества воды и сохранять их на протяжении продолжительного времени, но и уменьшить частоту проведения циклов дезинфекционной обработки компонентов системы, так как без них рост микроорганизмов неизбежен.

В случае станции малой производительности наиболее предпочтительным является использование для обеззараживания воды комбинированной технологии с использованием электрического поля и пероксида водорода. Достоинством метода являются низкие капитальные и эксплуатационные затраты и доступность основного реагента — пероксида водорода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пономаренко Е. А., Яблокова М. А., Ермолаев А. В.* Состав загрязнений оборотной воды градирен нефтехимического завода и способы повышения ее качества // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 11. С. 58—63.

2. *Хасанова Д. И., Сафин Д. Х.* Анализ причин биоотложений в системах оборотного водоснабжения нефтехимических производств // Экология и промышленность России. 2014. № 4. С. 48—52.

3. *Nalepa C. J., Williams T. M.* The science and technology of industrial water treatment // CRC Press. 2010. 530 p.

4. Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R & D / C. Comninellis, A. Kapalka, S. Malato, S. A. Parsons etc. // Chemical Technology and Biotechnology 2008. № 83. Pp. 769—776.

5. *Фомичев В. Т., Лебедев Д. Н.* Совершенствование технологии хлорирования природных и сточных вод // Вестник ВолгГАСУ. 2011. № 25. 28 с.

6. *McDonnell G., Russell A. D.* Antiseptics and disinfectants: activity, a tion and resistance // Clin. Microbiol. Rev. 1999. Pp. 147—179.

7. *Pooi, C. K., Ng H. Y.* Review of low-cost point-of-use water treatment systems for developing communities // npj Clean Water. 2018. № 1.

8. *Рябчиков Б. Е.* Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М. : ДеЛи принт, 2004. 328 с.

9. *Анопольский В. Н., Фельдштейн Г. Н., Фельдштейн Е. Г.* Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения (по опыту научно-инженерного центра «Потенциал-2»). Ч. 2: Охрана гидросферы от загрязнения. СПб. : Биосфера, 2010. Т. 2. № 3. С. 113—116.

10. *Анопольский В. Н., Прокопьев К. Л., Олиферук С. В.* Актуальные проблемы очистки нефтесодержащих сточных вод // С.О.К. (Сантехника, Отопление, Кондиционирование). 2007. № 6. С. 27—29.

11. *Бахир В. М.* Электрохимическая активация: универсальный инструмент зеленой химии. М. : ВНИИИМТ, 2005.

12. Современная перспективная технология обеззараживания воды и стоков / Е. Н. Аракчеев, В. Е. Брунман, М. В. Брунман, Волков А. Н. и др. // Гигиена и санитария. 2015. № 94(4). С. 25—32.

13. Электрообработка технологических вод с целью предотвращения биологического обрастания технологического оборудования / Н. О. Сиволобова, А. Б. Голованчиков, А. А. Мацько, В. С. Артюшкина // Инженерный вестник Дона. 2015. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/artichive/nly2015/5313.

14. *Дрововозова Т. И., Паненко Н. Н., Кулакова Е. С.* Исследование бактерицидной активности пероксида водорода в сточных водах // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 7(49). Ч. 4. С. 18—21. URL: https://research-journal.org/technical/issledovanie-baktericidnoj-aktivnosti-peroksida-vodoroda-v-stochnyx-vodax/

15. Speeding up solar disinfection (SODIS): Effects of hydrogen peroxide, temperature, pH, and copper plus ascorbate on the photoinactivation of E. coli / M. B. Fisher, K. R. Keenan, K. L. Nelson, B. M. Voelker // Water Health. 2008. № 6. Pp. 35—51.

16. *Крупнова Т. Г., Таллина О. Ю.* Сравнение методов обеззараживания воды, используемых в централизованных системах водоснабжения // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 5. URL: http://agro.snauka.ru/2014/05/1489.

© Сиволобова Н. О., Грачева Н. В., Желтобрюхов В. Ф., Тельнов В. С., Бажутова М. А., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Электрохимическая обработка воды с целью подавления развития микробиологического загрязнения в технических водных системах / Н. О. Сиволобова, Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, В. С. Тельнов, М. А. Бажутова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 74—86.

Об авторах:

Сиволобова Наталья Олеговна — канд. биол. наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, svibva.n@inbox.ru

Грачева Наталья Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, gracheva.tasha@yandex.ru

Желтобрюхов Владимир Федорович — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, z_vl_f@mail.ru

Тельнов Владислав Сергеевич — магистрант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, telnov1995@gmai.com

Бажутова Мария Анатольевна — магистрант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, bazhutova@yandex.ru

Natal'ya O. Sivolobova, Natal'ya V. Gracheva, Vladimir F. Zheltobryuhov, Vladislav S. Tel'nov, Mariia A. Bazhutova

Volgograd State Technical University

ELECTROCHEMICAL WATER TREATMENT FOR THE PURPOSE OF SUPPRESSING THE DEVELOPMENT OF MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION IN TECHNICAL WATER SYSTEMS

The paper presents the results of complex treatment of water with an electric field and hydrogen peroxide, which allows to control the development of microbiological pollutants in technical water systems. The combined effect provides a significant reduction in the content of microalgae and bacte-

ria. At the same time, the treated water is able to maintain the achieved quality of neutralization, which makes it possible to safely transport it and use it for a long time in water circulation systems.

K e y w o r d s: processing, processes, water, corrosion, fouling, reagents, methods, heat carrier, electrical processing, biocultures.

For citation:

Sivolobova N. O., Gracheva N. V., Zheltobryuhov V. F., Tel'nov V. S., Bazhutova M. A. [Electrochemical water treatment for the purpose of suppressing the development of microbiological contamination in technical water systems]. *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], 2020, iss. 2, pp. 74—86.

About authors:

Natal'ya O. Sivolobova — Candidate of Biology Sciences, Docent of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, svibva.n@inbox.ru

Natal'ya V. Gracheva — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, gracheva.tasha@yandex.ru

Vladimir F. Zheltobryuhov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, z_vl_f@mail.ru

Vladislav S. Tel'nov — Master's Degree student of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, telnov1995@gmai.com

Mariia A. Bazhutova — Master's Degree student of Industrial Ecology and Life Safety Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, bazhutova@yandex.ru

УДК 628.161:627.221.2(282.247.36)

Е. Д. Хецуриани[а], В. Л. Бондаренко[б], Е. В. Комлев[б], Т. Е. Хецуриани[в]

[а] Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова

[б] Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета

[в] Ростовский государственный медицинский университет

ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МНОГОЦЕЛЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Проведены исследования, и разработаны основы методологии по созданию и практическому использованию в системах многоцелевого водоснабжения промышленных и населенных пунктов специализированного типа ПТС «ПВС-ВТК-Н» с использованием физических и абстрактных моделей, которые представляют собой область научного исследования по изучению процессов взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения техногенного компонента с природной водной средой водного объекта. Одним из основных вопросов в исследовании данного типа систем является обеспечение сохранения биоресурсов (различных видов рыб, дрейсены, водной растительности и др.) в водном объекте как важного фактора по обеспечению экологической безопасности в зоне влияния водозаборного технологического комплекса.

Ключевые слова: система многоцелевого водоснабжения, водоснабжение, водная среда, экологическая безопасность, биоресурсы, водохозяйственные системы.

Использование водных ресурсов в отраслях промышленного, сельскохозяйственного, энергетического производств, в системах многоцелевого водоснабжения промышленных и населенных пунктов обуславливает особый вид хозяйственной деятельности (далее — ХД). Особенность данного вида ХД определяется жизненной необходимостью в жизнедеятельности человека, животного и растительного миров биосферы Земли и практически во всех действующих технологических процессах[1].

Современное развитие общества как на уровне глобальной системы [1], так и на локальном уровне в пространственных пределах речных бассейновых геосистем, где формируются водные ресурсы в виде поверхностного и подземного стока, наблюдается определенная ограниченность водных ресурсов в ограничивающихся условиях дальнейшего развития, к примеру в регионах Южно-Федерального округа (ЮФО) и Северного Кавказа, в частности в нижнем течении р. Дон (объем пространственных пределов бассейновой геосистемы $W_{Б.Г.С}$ = 1010,0 тыс. км^3; площадь водосбора речной гидрографической сети $F_{вод}$ = 101,0 тыс. км^2), где проживает население более 4,0 млн человек [2, 3].

Использование водных ресурсов в пределах рассматриваемых бассейновых геосистем в отраслях ХД неотъемлемо связано с действующими и создающимися новыми водохозяйственными системами. По целенаправленному назначению водохозяйственные системы подразделяются для промышленного, сельскохозяйственного производства, технического водоснабжения теп-

[1] Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году. М. : НИА-Природа, 2010.

ловых (ТЭС) и атомных (АЭС) электростанций, выработке электрической энергии на ГЭС и ГАЭС, в системах многоцелевого водоснабжения городских хозяйств и населенных пунктов и других объектах водопотребления и водопользования. Технологическое использование водных ресурсов в той или иной отрасли ХД обуславливается определенной отличительной спецификой, которая появляется в процессах взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения (далее — ВВВ) объектов водопотребления или водопользования с водным объектом, из которого осуществляется водоотбор расчетных расходов воды (Q, м^3/с). Объекты водопотребления или водопользования в своем составе представляют комплекс различных типов гидротехнических сооружений (далее — КГТС), которые находятся во ВВВ с природными средами (атмосферой, гидросферой, верхними слоями литосферы и почвенным покровом) и неотъемлемо с населением в зонах влияния КГТС, что, как отмечается в работах [4—6], определяет собой особый класс природно-технических систем (далее — ПТС) «Природная среда — Объект деятельности — Население» (далее — «ПС — ОД — Н»), где под «ОД» рассматривается необходимый КГТС в виде водохранилищного гидроузла, водозаборного сооружения, оросительной системы и т. п.

Функциональные особенности действующих и создаваемых водохозяйственных систем по использованию водных ресурсов определили собой системные различия в классе ПТС «ПС — ОД — Н». Так, на основе системного анализа действующих систем многоцелевого водоснабжения городских хозяйств (СМВГХ) в процессах ВВВ «ОД», представляющий собой водозаборный технологический комплекс (далее — ВТК), с «ПС» особое внимание при изучении уделяется вопросам защиты водной среды водного объекта от воздействия конструктивных элементов ВТК в части сохранения биоресурсов, в виде ихтиофауны (молоди рыб) и флоры (водной растительности) от их попадания в конструктивную систему водоподготовки и последующего водоснабжения потребителей городского хозяйства [2, 6]. Защита водной среды водного объекта в зоне влияния ВТК, функционально обеспечивающего отбор расчетных расходов воды (Q, м^3/с) в СМВГХ, также предусматривает значительное снижение захвата данных русловых наносов и различных плавающих предметов в конструктивную систему водоподготовки.

Обеспечение защиты водной среды водного объекта в створе осуществления отбора расчетных расходов воды в СМВГХ, как показали результаты системного анализа действующих ВТК на участке нижнего течения р. Дон (объем пространственных пределов бассейновой геосистемы $W_{Б.Г.С}$ = 1010,0 тыс. км^3; площадь водосбора речной гидрографической сети $F_{вод}$ = 101,0 тыс. км^2), определили собой специализированный вид ПТС «Природная водная среда — ВТК — Население» («ПВС — ВТК — Н»), являющийся важным направлением в развитии теоретических основ методологии известного класса ПТС «ПС — ОД — Н» по использованию водных ресурсов в отраслях ХД, которые изложены в работах [4, 5].

В состав специализированного типа ПТС «ПВС — ВТК — Н» ВТК (рис. 1), включающий в себя различные типы гидротехнических сооружений (ГТС) для обеспечения различных видов защиты водной среды водного объекта от негативного его воздействия, является центральным техногенным комплексом.

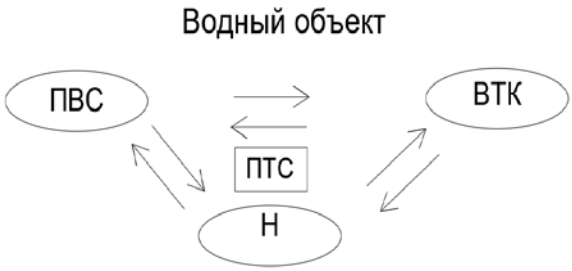


Рис. 1. Модель схемы взаимодействия компонентов специализированной ПТС «ПВС — ВТК — Н» в пределах участка водного объекта

При изучении специализированного вида ПТС «ПВС — ВТК — Н» учитывались аксиоматические предпосылки: (1) функциональная необходимость существования; (2) множество природных и конструктивных структурных образований; (3) единство действий природы и «ВТК»; (4) достаточность [4].

Условие (1) обуславливает необходимость существования специализированного типа ПТС «ПВС — ВТК — Н».

Условие (2) определяется множеством природных и техногенных системных элементов, входящих в состав соответственно природных (биотических и абиотических) и техногенных (различные типы ГГТС) компонентов, которые учитываются при создании данного типа ПТС «ПВС — ВТК — Н» в конкретных условиях.

Условием (3) определяется единством действий и «ВТК», обуславливающее собой новые свойства в процессе функционирования ПТС «ПВС — ВТК — Н», которые являются важными в оценке уровня защищенности «ПВС» водного объекта, как важного фактора в обеспечении экологической безопасности (ЭБ).

Условие (4) характеризуется определенной достаточностью результатов исследований в части экологического состояния (ЭС) водной среды водного объекта, ихтиологических, руслоформирующих и гидрологических процессов и др.

Функциональная эффективность рассматриваемого типа ПТС «ПВС — ВТК — Н», как показывают результаты исследований, определяется, с одной стороны, структурой ВВВ между составляющими компонентами и входящими в них элементами, а с другой — экологической приемлемостью принимаемых конструктивных решений в «ВТК» [7].

Функциональная структура недействующих и создаваемых специализированных ПТС «ПВС — ВТК — Н» характеризуется комплексом ГТС и устройств взаимодействующих с «ПВС» на участках водозаборного ковша (рис. 2), в пределах которых формируется необходимая гидравлическая структура водного потока, обеспечивающая целевую направленность по сохранению биоресурсов в водном объекте (не менее 80 %), максимально возможного (до 90 %) снижения захвата данных и влекомых наносов, участвующих в естественных руслоформирующих процессах, сохранению биоразнообразия в речном русле как особого вида ихтиофауны и защиты от различных плавающих предметов [2, 8].

Пространственная структура ПТС «ПВС — ВТК — Н» определяется характером расположения комплекса ГТС и устройств на участках водозабор-

ного ковша (рис. 2), из которых наиболее важным является участок № 1, взаимодействующий непосредственно с «ПВС» водного объекта, и по функциональному назначению должен обеспечивать сохранение биоресурсов в водном объекте, защиту «ВТК» от донных влекомых наносов и плавающих предметов в русловом водном потоке. На участке № 2 водозаборного ковша производится предварительная биологическая очистка «ПВС» по основным показателям: концентрации фитопланктона, микроорганизмов, биогенных элементов, железа и др., повышение уровня окисляемости и снижение мутности водной среды на участке № 3.

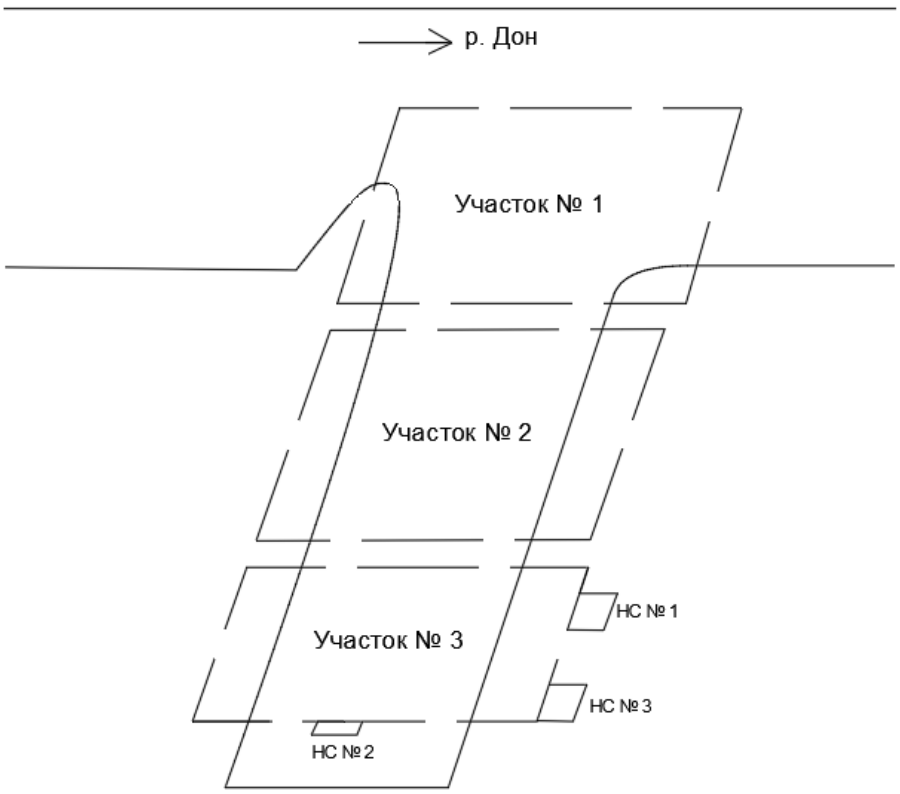


Рис. 2. Пространственная структура ПТС «ПВС — ВТК — Н»

Временная структура ПТС «ПВС — ВТК — Н» выражается функциональным использованием «ВТК» в сезонные периоды года, связанные с гидрологическими характеристиками водного объекта в весенне-летние и осенне-зимние периоды.

Исследованиями установлено, что отличительными признаками функциональной сложности структурных образований и организации ВВВ между компонентами и составляющими их элементами ПТС «ПВС — ВТК — Н» (рис. 1) можно считать следующие:

- наличие большого количества ВВВ между элементами природного происхождения (виды ихтиофауны и флоры водного объекта) и конструктивными элементами ГТС и устройств;

• сложность выполняемых функций по обеспечению «ПВС» от негативного воздействия «ВТК»;

• возможность разделения системы на подсистемы, цели функционирования которых подчинены общей цели обеспечения водой городского хозяйства в нужном количестве при условии обеспечения защиты «ПВС» от негативного воздействия «ВТК» в зоне его влияния;

• наличие возможности управления компонентами и их элементами в составе ПТС «ПВС — ВТК — Н» исходя из базового принципа функционирования, экологической приемлемости (ЭП) обеспечения экологической безопасности (ЭБ).

Обеспечение ЭП в используемых конструктивных решениях и функционально-целевом назначении «ВТК» в составе рассматриваемой ПТС «ПВС — ВТК — Н» в теоретическом и практическом отношениях возникла необходимость в разработке основ методологии (ОМ) создания и развития данного типа систем по использованию водных ресурсов в системе многоцелевого водоснабжения (СМВ) промышленных и населенных пунктов [2, 4, 9] «ВТК» и системный подход в оценке его функциональной эффективности в рассматриваемой системе.

Следует отметить, что системный анализ и системный подход базируется на исходящем понятии «система», первенство которого отмечается у Аристотеля, а основы теории систем лежат в идеях Гегеля, где целое рассматривается как нечто большее, чем сумма частей, а целое определяет природу частей и части не могут быть познаны вне целого [4].

Для рассматриваемого специализированного типа ПТС «ПВС — ВТК — Н» части представляют собой природные (биотические, абиотические), техногенные (различные типы ГТС в составе ВТК) компоненты и «Н», потребляющие воду в городском хозяйстве, которые находятся в непрерывной ВВВ между собой (рис. 2).

Природный компонент системы включает в себя водную среду водного объекта, ЭС которого формируется в пространственных пределах бассейна новой геосистемы или ее части, к примеру нижнего течения р. Дон, из которого осуществляется отбор воды в СМВГХ.

Техногенный компонент в виде «ВТК», в котором многофункциональные ГТС обеспечивают на входном участке отбор расчетных расходов воды в СМВГХ с максимально достижимым (до 80 %) сохранением биоресурсов на водном объекте (молоди рыб и др. ихтиофауны), снижением (до 90 %) поступления влекомых донных русловых наносов в конструктивную систему водоподготовки (рис. 2). На последующем функциональном участке «ВТК» размещены устройства, обеспечивающие снижение мутности водного потока путем задержания сине-зеленых водорослей на ершовых фильтрах [10].

На основе результатов системных исследований процессов ВВВ «ВТК» с «ПВС» водного объекта были выявлены основные свойства ОМ на действующих ПТС «ПВС — ВТК — Н», которые базируются на понятии «Система» и рассматриваются как абстрактная модель; ОМ абстрактных моделей охватывают множество специализированных теорий, которые рассматривают более конкретные классы моделей; ОМ способны использовать достижения в

области математики, биологии, экологии и др.; ОМ обуславливают в себе область научных исследований, связанных с изучением процессов ВВВ моделей «ВТК» с «ПВС».

В системном рассмотрении процессов ВВВ «ВТК» с «ПВС» в пределах зоны влияния техногенного компонента наблюдаются управляемые изменения в гидравлической структуре водного потока, под воздействием которых обеспечивается сохранение речной ихтиофауны, защита водозаборного ковша от донных наносов, плавающих предметов. Целенаправленное функционирование «ВТК» как материального образования определяет собой изучение сферы «Строения» и «Поведения» техногенного компонента в составе ПТС «ПВС — ВТК — Н».

Понятие «Система» интегрирует категории «Поведения», «Строения» и отражает объективную реальность для каждого компонента и входящих в них элементов (речная ихтиофауна и растительность, донные и взвешенные речные наносы и др.), входящих в сферу «Поведения» и материальных носителей поведения — сферы «Строения». Системные исследования ПТС «ПВС — ВТК — Н» зависят от понимания системного подхода как принципа ОМ исследования, который позволяет получать объективную оценку функционирования ПТС «ПВС — ВТК — Н» на более высоком иерархическом уровне по сравнению с другими методами оценки, применяемыми в настоящее время [2]. Следует отметить, что при системном подходе на ряду с процессами исследования ПТС «ПВС — ВТК — Н» возможно их проектирование, связанное с созданием оптимальной ее структуры и организации.

Проектирование ПТС «ПВС — ВТК — Н» определяет в себе, с одной стороны, создание оптимальной структуры ВВВ между компонентами и входящими в них элементами (рис. 2), а с другой — обеспечение ЭП данной системы как важного фактора по обеспечению ЭБ [7, 8, 11].

Системный подход как концептуальная основа обуславливается тем, что системы из самых различных областей имеют много общих свойств. Поэтому при проектировании ПТС «ПВС — ВТК — Н» одной из задач системного подхода является нахождение подобных структурных ВВВ, свойств и явлений, относящихся к системам из других областей.

Системный подход как научный метод в проектировании исследований ПТС «ПВС — ВТК — Н» обуславливает в себе как метод мышления, который дополняет традиционные научные методы путем создания новых подходов к объяснению и доказательству процессов взаимодействия «ВТК» с «Н» городского хозяйства. Системный подход дает возможность соединить анализ системы с позиции обеспечения ЭБ, экономики, социальной сферы и рассматривать организацию как единое целое с достижением наибольшей функциональной эффективности [11].

Важнейшим инструментом в проведении системного анализа является использование подобия систем из различных областей знаний. Так, У. Р. Эшби впервые ввел в практику системного анализа понятие «Модель гомеостаза», которую широко используют в современной экономике. Используя инструмент подобия при выполнении системного анализа ПТС «ПВС — ВТК — Н», необходимо учитывать системный принцип эмерджентности, суть которого заключается в том, что истина в малом может оказаться ложным в большом, и на оборот. Для рассматриваемых ПТС «ПВС — ВТК — Н» изменения в одних элементах

как подсистем оказывают влияние на процессы функционирования других подсистем, что необходимо учитывать при проектировании как целостной системы.

Создание и развитие ОМ ПТК «ПВС — ВТК — Н» могут быть отнесены как к функциональным наукам — математике, физике, биологии, химии, так и к прикладным наукам — экологии, гидрологии, социологии и др., что обуславливает необходимость в достижении единства знаний в области исследования и проектирования данного типа систем [4, 11].

При решении практических задач по обеспечению функциональной эффективности «ВТК» в составе ПТС «ПВС — ВТК — Н» строят физические модели с заданным масштабами (1:50, 1:100) или разрабатывают математические модели для изучения процессов ВВВ между техногенным компонентом в виде «ВТК» и водной средой участка водного объекта с целью выявления сущности реальной действительности к наблюдаемыми явлениями, к примеру отвода молоди рыб от водозаборного окна. Физические и математические модели позволяют достичь лучшего понимания сложных ВВВ между элементами «ВТК» и элементами «ПВС», что в конечном итоге обеспечивает достаточную функциональную эффективность как факторы ЭБ.

Исходя из системного механизма управления по обеспечению сохранения биоресурсов в водном объекте, с одной стороны, и обеспечением водой потребности городского хозяйства, с другой стороны, с сохранением приемлемого ЭС в пространственных пределах зоны влияния «ВТК», что определяет собой ЭБ [6, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ковальчук М. В.* От синтеза в науке — к конвергенции в образовании // Образовательная политика. 2010. № 11—12(49—50). С. 1—12.

2. Россия: вводно-ресурсный потенциал / Под науч. Ред. А. М. Черняева. Екатеринбург : РосНИИВХ, 1998. 338 с.

3. Системный подход в оценке воздействия водохранилищ на окружающую среду / В. Л. Бондаренко и др. // Проблемы региональной экологии. 2006. № 5. С. 6—12.

4. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М. : Прогресс, 1986. 256 с.

5. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: экологическая инфраструктура бассейновых геосистем : монография / В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко, Г. М. Скибин, В. Н. Азаров. Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2012. 308 с.

6. Природообустройство: территории бассейновых геосистем : учебное пособие / под общ. ред. И. С. Румянцева. Ростов-на-Дону: МарТ, 2010. 528 с.

7. Экологическая безопасность в придообустройстве, водопользования и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем; монография / В. Л. Бондаренко, Г. М. Скибин, В. Н. Азарова, Е. А. Семенова. Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, 2016. 416 с.

8. *Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Polyansky N. A.* Methodological bases of creation and development of a new type of natural and technical system of multipurpose water use un urban areas // IOPConference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 262.

9. The results of the research on the pipelines protection from Dreissena on the water intake technological complexes of multi-purpose water supply systems for urban farms. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1—5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. № 055041. 2019. Vol. 698. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055041/pdf.

10. Lightweight constructions in technical water supply systems of thermal and nuclear power plants. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering / V. L. Bondarenko, E. D. Khetsuriani, A. I. Ilyasov, E. A. Semenova // International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development", 1—5 October 2019, Kislovodsk, Russian Federation. № 055042. 2019. Vol. 698 URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055042/pdf.

11. Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани) / В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко, А. В. Кувалкин, В. С. Поляков и др. Южный научный центр РАН, 2009. 309 с.

© Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л., Комлев Е. В., Хецуриани Т. Е., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Природно-технические системы многоцелевого водоснабжения городского хозяйства / Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, Е. В. Комлев, Т. Е. Хецуриани // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 87—95.

Об авторах:

Хецуриани Елгуджа Демурович — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и защиты окружающей среды, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132. goodga@mail.ru

Бондаренко Владимир Леонидович — д-р техн. наук, профессор кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111, kafedra.tbmip@yandex.ru

Комлев Егор Викторович — аспирант кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова — филиал Донского государственного аграрного университета; Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111, nimi.FBIP@yandex.tu

Хецуриани Тирум Елгуджаевич — студент, Ростовский государственный медицинский университет; Ростов-на-Дону, 344022, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29

Elgudzha D. Khetsuriani[a], Vladimir L. Bondarenko[b], Egor V. Komlev[b], Timur E. Khetsuriani[c]

[a] Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)
[b] Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University
[c] Rostov State Medical University

NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS OF MULTI-PURPOSE IN-SUPPLY OF INDUSTRIAL AND POPULATED LOCALITY

The research and development of the methodology for the creation and practical use in the systems of multi-purpose water supply for industrial and residential areas of the specialized type of PTS “PVS — VTK — N” with the use of physical and abstract models, which represent the field of scientific research on the study of the processes of interrelation , interactions and interactions of the technogenic component with the natural water environment of the water body. One of the main issues in the study of this type of system is to ensure the conservation of bioresources (various species of fish, dreis, aquatic vegetation, etc.) in the water body as an important factor in ensuring environmental safety in the zone of influence of water-complex.

K e y w o r d s: multipurpose water supply system, water supply, water environment, ecological safety, bioresources, water management systems.

For citation:

Khetsuriani E. D., Bondarenko V. L., Komlev E. V., Khetsuriani T. E. [Natural and technical systems of multi-purpose in-supply of industrial and populated locality]. *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], 2020, iss. 2, pp. 87—95.

About authors:

Elgudzha D. Khetsuriani — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Professor of Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection Department, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI); 132, Prosveshcheniya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, goodga@mail.ru

Vladimir L. Bondarenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor of Technogenic Safety, Melioration and Environmental Engineering Department, Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University; 111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, kafedra.tbmip@yandex.ru

Egor V. Komlev — Postgraduate student of Technogenic Safety, Melioration and Environmental Engineering Department, Novocherkassk Engineering-Meliorative Institute of A. K. Kortunov — branch of Don State Agrarian University; 111, Pushkinskaya St., Novocherkassk, 346428, Russian Federation, nimi.FBIP@yandex.tu

Timur E. Khetsuriani — Student, Rostov State Medical University; 29, Nakhichevanskii lane, Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation

УДК 697.243.56

В. В. Шевяков

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАЦИОНАЛЬНОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ БЫТОВОЙ ПЕЧИ

Рассмотрены вопросы проектирования малогабаритных бытовых печей с повышенным временем теплоотдачи. Предложена конструкция двухконтурной печи, на которую получен патент на полезную модель. Исследование такой конструкции с помощью конденсаторной модели показало, что предложенная конструкция двухконтурной печи обеспечивает хорошую достаточно равномерную теплоотдачу в течение 12 часов.

Ключевые слова: малогабаритные бытовые печи, двухконтурная печь, конденсаторная модель.

Одной из важнейших задач при разработке бытовых печей является снижение массы печи без ухудшения эксплуатационных характеристик, что позволит устанавливать печи в помещение без фундамента, упростить и снизить себестоимость изготовления печей.

Тепловые потери в доме принимаются обычно в пределах 70…100 Вт/м^2, что соответствует потерям тепла 60…86 ккал/час · м^2. При промежутке между топками 12 часов количество необходимого тепла будет 720…1030 ккал/час · м^2. Проведем примерный расчет потерь для помещения площадью 20 м^2 исходя из максимальных тепловых потерь помещения. Полученные результаты можно пропорционально перенести на помещение с другой площадью. Для компенсации тепловых потерь в течение 12 часов необходимо 20 600 ккал. То есть необходимо, чтобы это количество тепла печь накопила в своем массиве при сжигании дров и потом в течение 12 часов как можно равномерней отдавала. Учитывая, что КПД печи примерно 75 %, необходимо сжечь дрова и получить от них 27 500 ккал. При расчете выбран худший случай по тепловым потерям 100 Вт/м^2 $\left(86\dfrac{\text{ккал}}{\text{час}}\cdot\text{м}^2\right)$.

Для дров со средней влажностью 25 % теплотворная способность равна 3150 ккал. По массе это 8,7 кг.

На рисунке 1 изображено распределение температур в установившимся режиме в стенке бытовой печи из шамотного кирпича толщиной 6,5 см для внутренней температуры газов в печи 900 °С [1].

Обозначения к рис. 1: $t_{вн}$ и $t_{нар}$ — температура продуктов сгорания и наружного воздуха (°С); $\tau_{вн}$ и $\tau_{нар}$ — температура внутренней и внешней поверхностей стенки печи (°С); $\tau_{ср}$ — средняя температура стенки печи (°С); λ — коэффициент теплопроводности материала стенки $\left(\dfrac{\text{ккал}}{(\text{м}\cdot\text{час}\cdot\text{град})}\right)$; для шамотного кирпича: $\lambda = 0{,}72 + 0{,}0005\,t$; для красного керамического кирпича: $\lambda = 0{,}4 + 0{,}00044\,t$; $\alpha_{вн}$ и $\alpha_{нар}$ — суммарные коэффициенты теплоотдачи от греющих продуктов сгорания к внутренней стенке печи и от наружной стенки

печи к нагреваемой среде $\left(\frac{\text{ккал}}{(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град})}\right)$; $R^t_{\text{вн}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} - \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}{\text{ккал}}\right)$ — удельное внутреннее тепловое сопротивление; $R^t_{\text{ст}} = \frac{\delta}{\lambda} - \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}{\text{ккал}}\right)$ — удельное тепловое сопротивление стенки; $R^t_{\text{нар}} = \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}} - \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}}{\text{ккал}}\right)$ удельное наружное тепловое сопротивление; Значок *t* говорит о зависимости сопротивлений от температуры.

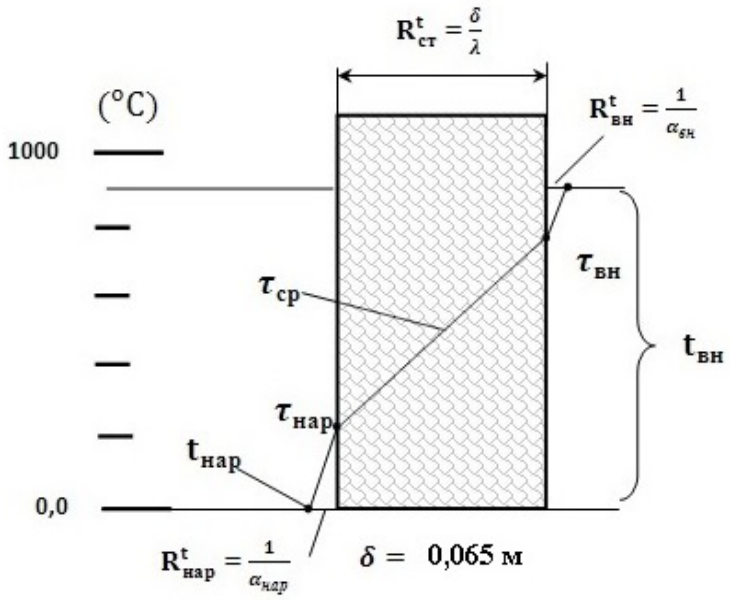


Рис. 1. Распределение температур в шамотной стенке 0,065 м в установившимся режиме

Для печей с толщиной стенки из шамота 65 мм для накопления необходимого тепла $Q_{\text{ст}}$ = 20 600 ккал можно подсчитать примерную ее массу при различных средних температурах стенки $\tau_{\text{ср}}$. Исходя из полученных результатов массы и удельной плотности шамотного кирпича, можно подсчитать объем стенки и ее площадь теплоотдачи:

$$Q_{\text{ст}} = C_{\text{к}} M_{\text{ст}} \tau_{\text{ср}} - (\text{ккал}), \tag{1}$$

где $C_{\text{к}}$ — удельная теплоемкость кирпича $\left(\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}\right)$; $C_{\text{к}} = 0,21 + 0,000055\,t\left(\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}\right)$; для средней температуры стенки 300 °C — $C_{\text{к}} = 0,227\left(\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}\right); \approx 0,23\left(\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}\right)$; $\gamma = 1900\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ — удельная плотность шамотного кирпича.

По полученной площади теплоотдачи стенки можно определить среднюю температуру поверхности для отдачи необходимого тепла $Q_{ст}$ = 20 600 (ккал) за время 12 часов, т. е. 1720 ккал/час при разных размерах стенки согласно графику на рис. 2 [1].

Рис. 2. Теплоотдача плоской поверхности

Полученные результаты занесены в табл. 1.

Таблица 1

$\tau_{ср}$ (°C)	100	200	**300**	**400**	500	600	700
$M_{ст}$ (кг)	895	448	**298**	**224**	179	149	128
$V_{ст}$ (м^3)	0,471	0,235	**0,156**	**0,118**	0,094	0,078	0,067
$S_{ст}$ (м^2)	7,24	3,6	**2,4**	**1,8**	1,4	1,2	1,0
$Q_{ст}/S$ (ккал/м^2)	237	478	**718**	**956**	1229	1433	1720
(°C) (12 ч) (ср)	28	60	**70**	**83**	100	110	130
Кол-во кирпичей, шт.	241	120	**80**	**60**	47	40	33

Из таблицы 1 видно, что печь на 20 м^{2}должна иметь среднюю температуру стенки $\tau_{ср}$ ~ 300…400 °C, массу стенки ~ 300…230 кг, количество кирпича ~ 80—60 шт., площадь теплоотдачи ~ 2,4…1,8 м^2 и среднюю наружную температуру поверхности $\tau_{нар}$ ~ 70…80 °C при температуре помещения 0 °C или 90…100 °C при 20 °C в помещении.

Исследование стенки печи на конденсаторной модели

Для исследования тепловых процессов в шамотной стенке разрабатываемой печи и выбора наиболее рациональной конструкции использована конденсаторная модель [2, 3]. В применяемой модели сечение стенки печи площадью 1 м^2 разбивается на 6 слоев. Теплоемкость каждого слоя заменяется электрическим конденсатором, а теплопроводность слоев заменяется резисторами. Постоянная времени конденсаторной модели выбирается в 60 раз меньше, чем постоянная времени нагрева стенки. Это позволяет в 60 раз ускорить процессы в модели. На вход подается постоянное напряжение 9,0 В (900 °С). Напряжения на конденсаторах подаются на многоканальный регистратор S-Recorder и фиксируются компьютером. Использование конденсаторной модели для исследования тепловых переходных процессов в бытовой печи показало достаточную точность конечных результатов, а также высокую наглядность и достоверность при сравнении различных конструкций [3].

На рисунке 3 показаны эпюры тепловых процессов в шамотной стенке толщиной 65 мм.

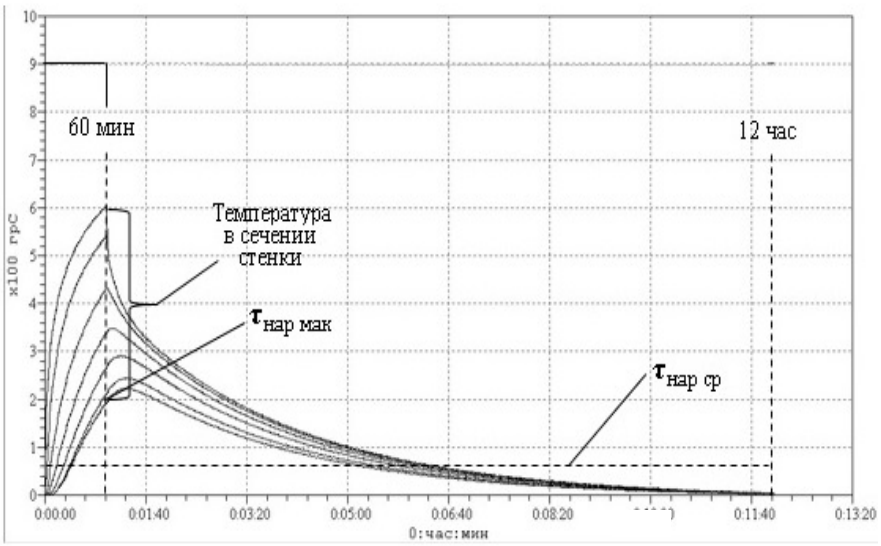


Рис. 3. Эпюры тепловых процессов в шамотной стенке 65 мм. Время топки (нагрева) — 60 мин.; температура газов в топке — 900 °С

Из эпюр рис. 3 видно, что в этом режиме температура на наружной поверхности стенки печи может достигать больше 200 °С и быстро уменьшается. Средняя температура в сечении стенки после окончания протопки примерно 400 °С. Из таблицы 1 видно, что шамотная стенка толщиной 65 мм при такой средней температуре накапливает достаточное количество тепла. Но в данном случае быстро отдает свое тепло наружу. И через 9—10 часов стенка практически остывает до начальной температуры. Полученные результаты хорошо совпадают с результатами испытаний печи ПМК-500, выполненной из шамотного кирпича со стенками толщиной в 0,25 кирпича (~ 0,065 м)[1].

[1] Печь для дома и дачи. URL: http://www.pechkaru.ru/

Такая конструкция стенки печи не позволяет получить те необходимые характеристики, изложенные выше. В то же время средняя наружная температура стенки составляет примерно 60 °С. Но наблюдается очень большая неравномерность теплоотдачи.

Для легких малогабаритных печей с толщиной стенки в четверть кирпича 65 мм основная проблема возникает не только в том, что при сжигании дров температура наружной стенки была очень высокой, а в том, чтобы эта температура быстро уменьшается. Для решения этой задачи была использована идея двухконтурной печи.

Двухконтурная печь состоит из первого контура, представляющего собой полностью законченную конструкцию из кирпича и второго контура, также из кирпича. Между контурами воздушный зазор 5,0…12,0 мм, заполненный, как правило, картоном[2].

Такая конструкция обладает высокой инерционностью и стабильной температурой на стенках, но масса такой печи очень велика.

Поэтому была предложена конструкция, на которую автором был получен патент на полезную модель [4].

В такой конструкции внутренний контур из шамотного кирпича нагревается до высоких температур, а внешний контур выполнен через воздушный промежуток из материала с малой теплопроводностью.

В качестве внешнего контура рассматривались магнезитовые плиты СМЛ.

На рисунке 4 показана конструкция стенки исследуемой печи.

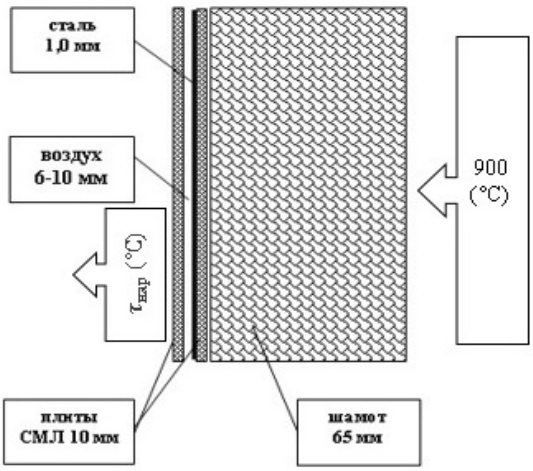


Рис. 4. Конструкция стенки

[2] Двухконтурные отопительные печи. URL: http://morepechey.ru/dvuhkonturnye-otopitelnye-pechi/

Двухконтурные печные конструкции. URL:
https://stroiteli.info/showthread.php/3956-%D0%94%D0%B2%D1%83%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8/page61.

Для предотвращения разрушения стенок печи при ее сильном нагреве печь помещена в стальной кожух толщиной 1,0 мм. Между кожухом и шамотной стенкой расположена плита СМЛ толщиной 10 мм. Толщина этой и наружной плиты незначительно влияют на общие тепловые характеристики печи и выбраны по конструктивным соображениям. Наружная плита СМЛ 10 мм закреплена на стальном кожухе с воздушным зазором 10 мм. От величины воздушного зазора зависит величина и равномерность теплоотдачи печи, и поэтому его влияние было исследовано на конденсаторной модели [3].

На рисунке 5 показана схема конденсаторной модели для исследования различных вариантов конструкций стенки печи.

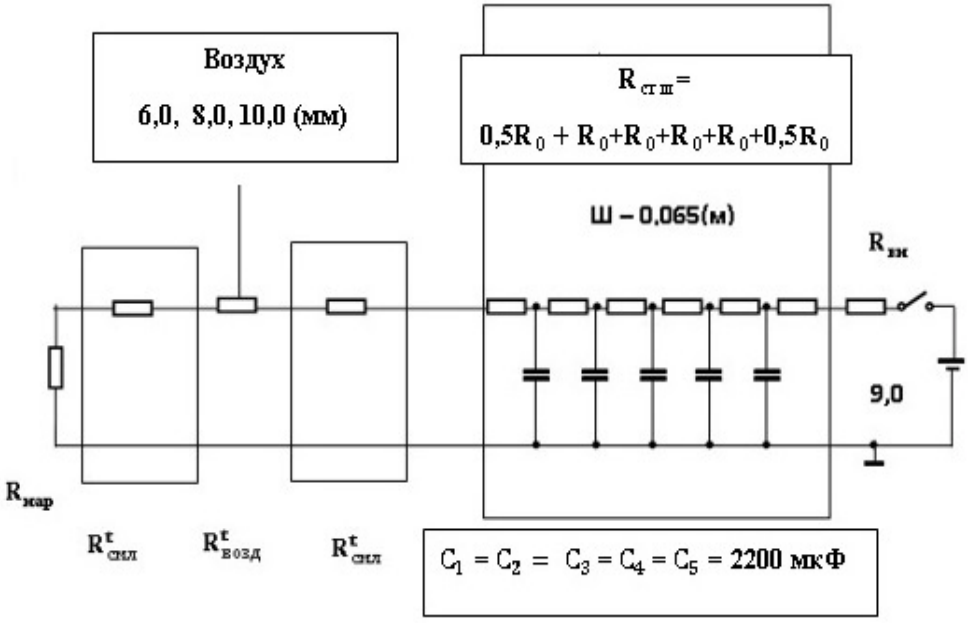


Рис. 5. Схема конденсаторной модели для исследования

Расчет параметром модели показал, что:

1. Постоянная времени плит СМЛ намного меньше, чем у кирпичной стенки из шамота 65 мм, и поэтому ей можно пренебречь.

2. Для упрощения модели перенос тепла излучением в воздушном зазоре не рассматривался.

3. Стальной кожух толщиной 1,0 мм практически не влияет на тепловые свойства исследуемой стенки, поэтому он не отражен в схеме модели.

$R_{нар}$ = 11,3 к, $R_{смл}$ = 8,1 к, $R_{возд}$ = 30 к, 35 к, 43 к, $R_{ст\ ш}$ = 11,1 к, $R_{вн}$ = 5,3 к, R_0 = 2,22 к, 0,5R_0 = 1,11 к, $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$ = 2200 мкФ.

На рисунке 6 представлен стенд для исследования тепловых процессов в стенки печи.

Стенд состоит из платы с конденсаторами и резисторами, многоканального регистратора S-Recorder, источника питания 9,0 В и компьютера.

На рисунках 6—8 представлены эпюры распределения тепла в стенке печи при воздушном зазоре 6,0; 8,0 и 10,0 мм.

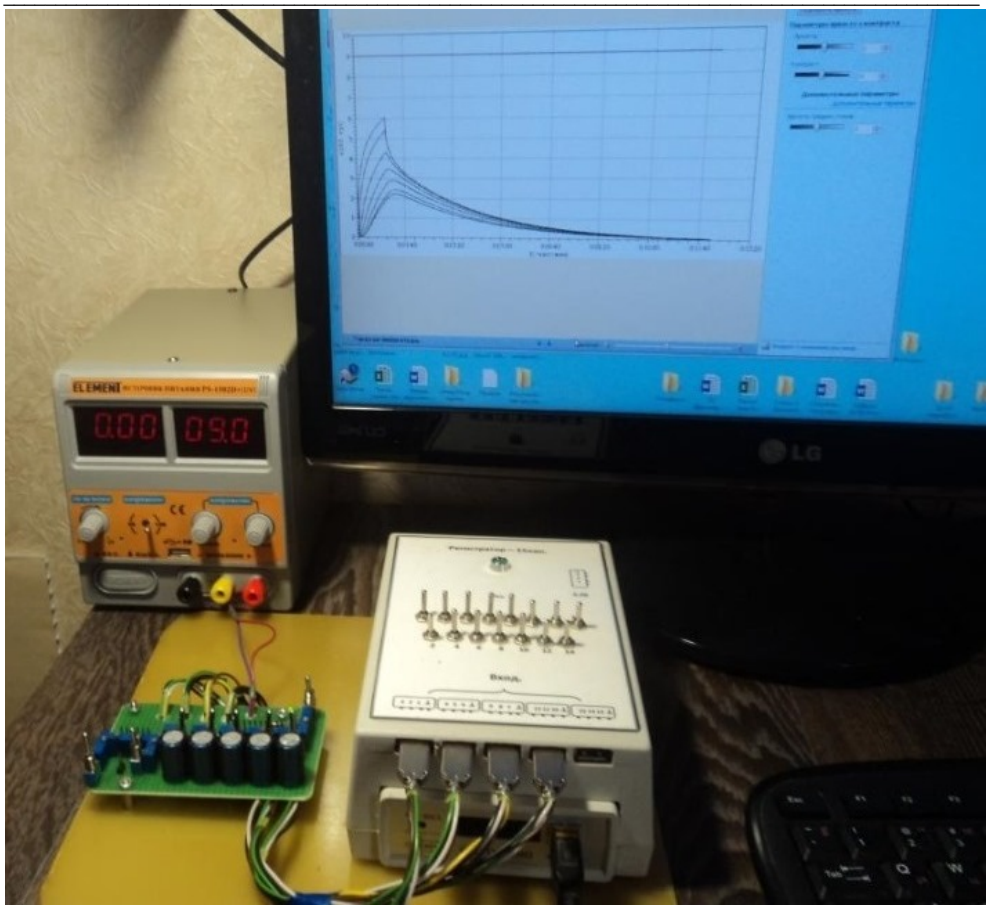


Рис. 5. Стенд конденсаторной модели

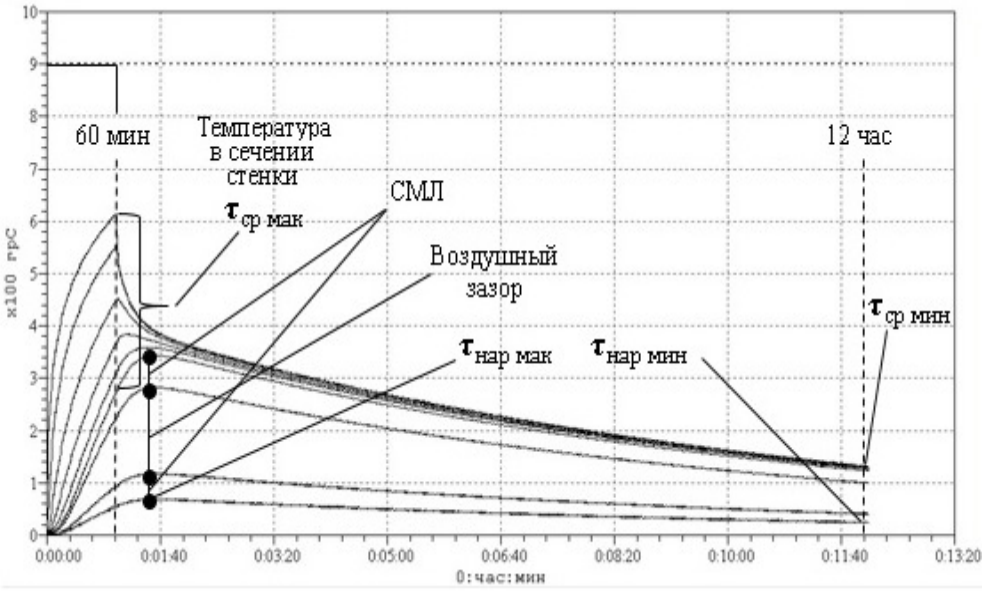


Рис. 6. Воздушный зазор 6,0 мм

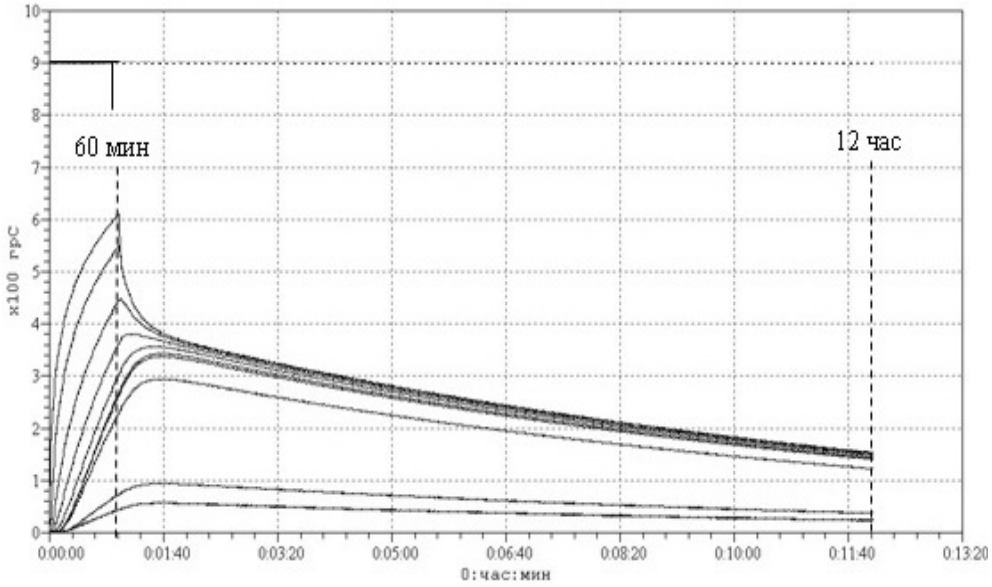


Рис. 7. Воздушный зазор 8,0 мм

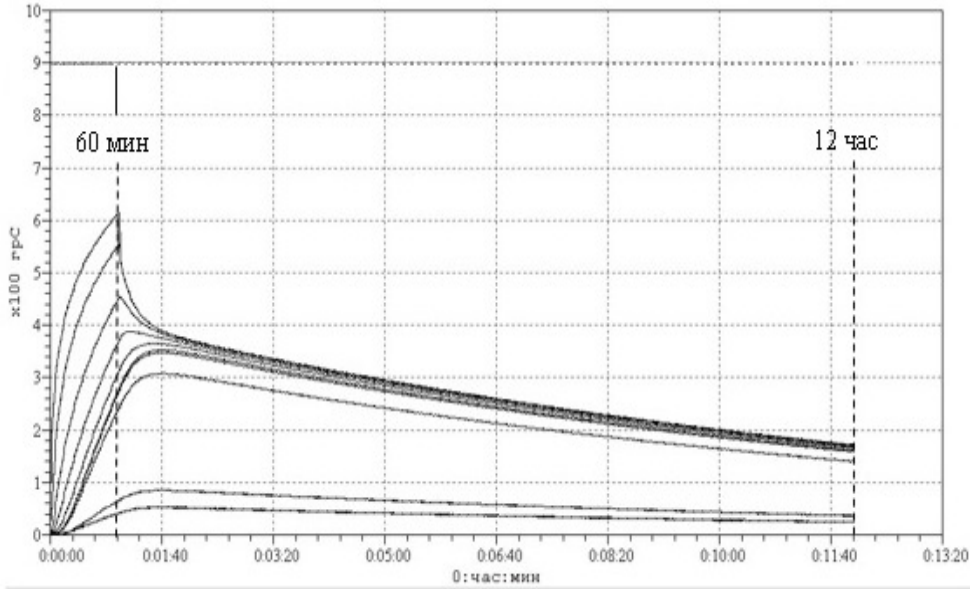


Рис. 8. Воздушный зазор 10,0 мм

Как видно из рисунков 6—8, выбор такой конструкции стенки печи позволяет получить значительно более равномерную теплоотдачу, причем увеличение воздушного зазора приводит к уменьшению выходной наружной температуры, но повышает равномерность теплоотдачи. В самой шамотной стенке накапливается больше тепла, чем в первом случае (см. рис. 3). Через 12 часов в печи остается еще значительное количество тепла.

По конструктивным соображениям воздушный зазор выбран 10,0 мм.

Поскольку в разрабатываемой печи предусматривается установка комбинированного топливника [5, 6], в котором время сгорания дров может быть больше, то на рис. 9 и 10 показаны эпюры температур для времени сгорания дров 90 и 120 мин.

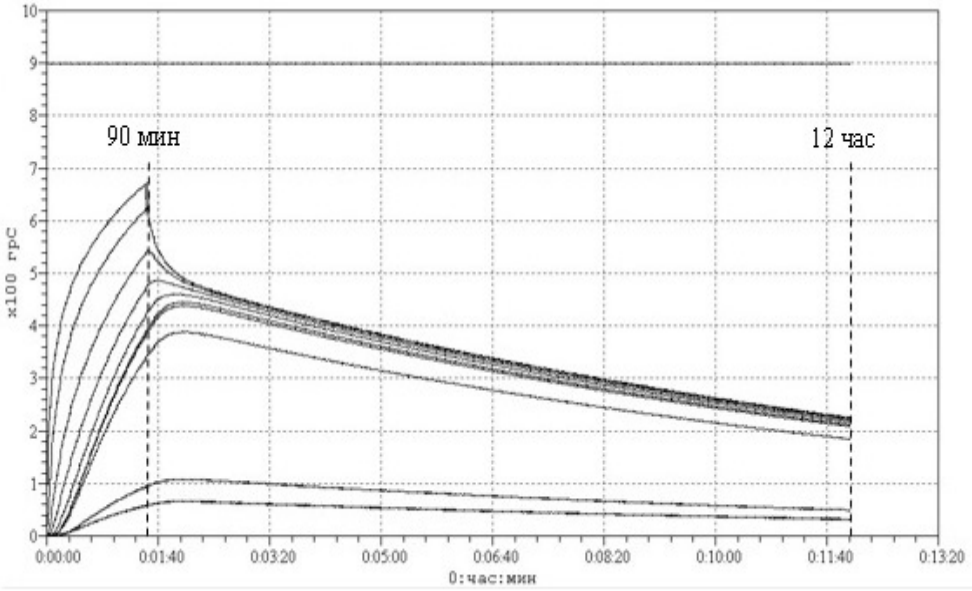


Рис. 9. Воздушный зазор 10,0 мм

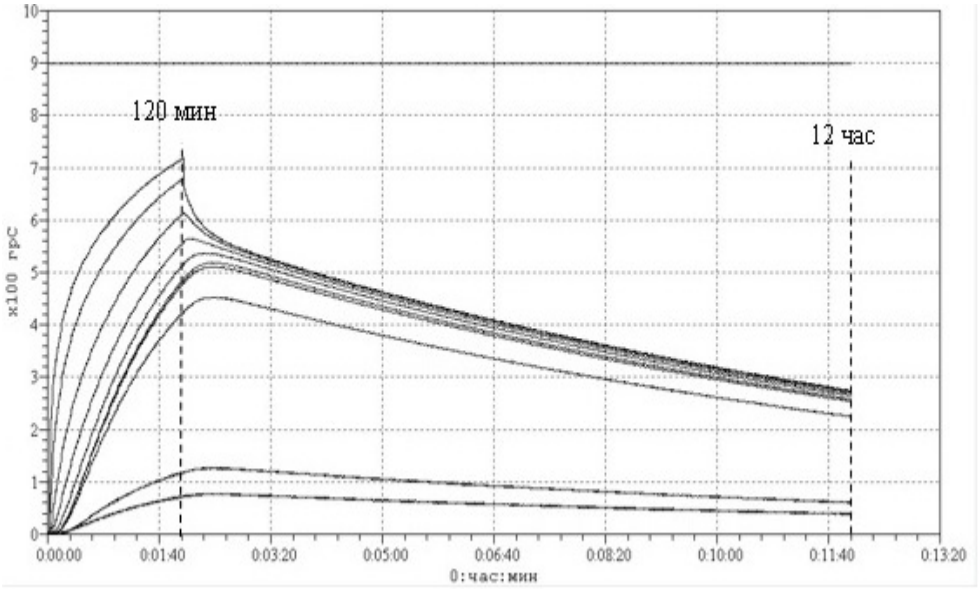


Рис. 10. Воздушный зазор 10,0 мм

Полученные результаты занесены в табл. 2.

Таблица 2

Время горения дров (мин)	Толщина кирпича (мм)	Воздушный зазор (мм)	$\tau_{ср\ мак}$ (°C)	$\tau_{ср\ мин}$ (°C)	$\tau_{ср\ мин}$ (%)	$\tau_{нар\ мак}$ (°C)	$\tau_{нар\ мин}$ (°C)	$\tau_{нар\ ср}$ (°C)	M_t (%)
60	65	0	400	0	0	200	0	60	—
	65	6,0	450	130	29	65	30	47,5	37
	65	8,0	445	150	34	58	27	42,5	36
	65	10,0	445	170	38	53	25	39	35
90	65	10,0	530	220	42	65	33	49	34
120	65	10,0	600	270	45	80	40	60	33
70	120	0	—	—	—	105	30	67,2	56

Примечание: M_t — коэффициент неравномерности теплоотдачи (%): $M_t = \frac{\tau_{нар\ мак} - \tau_{нар\ мин}}{\tau_{нар\ мак} + \tau_{нар\ мин}} 100\ \%$ [3].

Из таблицы 2 видно, что предложенная конструкция стенки печи из шамота толщиной 65 мм обеспечивает теплоотдачу печи за время 12 ч с коэффициентом неравномерности теплоотдачи в диапазоне 33…37 %, что меньше и лучше, чем стенка из кирпича толщиной 120 мм (M_t = 56 %) [3].

Выводы

Исследования предложенной конструкции стенки двухконтурной печи показали, что:

1. Предложенная конструкция двухконтурной печи обеспечивает достаточно равномерную теплоотдачу в течение 12 часов.

2. Коэффициент неравномерности теплоотдачи предлагаемой конструкции стенки меньше, чем для обычной стенки в 0,5 кирпича, а масса снижена примерно в два раза.

3. Увеличение воздушного зазора приводит к уменьшению наружной температуры и к снижению теплоотдачи стенки и немного уменьшает ее коэффициент неравномерности теплоотдачи.

4. Через 12 часов теплоотдачи в шамотном кирпиче остается еще 29…38 % тепла, что позволит извлекать это тепло с помощью вентиляторов и тем самым снизить коэффициент неравномерности теплоотдачи.

5. Результаты исследования можно рекомендовать для разработки бытовых печей с применением комбинированного топливника без колосника, обеспечивающего более длительное и равномерное сгорание дров.

Заключение

Для проверки полученных результатов исследования необходимо разработать и изготовить малогабаритную бытовую печь и снять ее характеристики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шевяков В. В.* Передача тепла через стенки бытовой печи // Молодой ученый. 2016. № 6. URL: http://moluch.ru/archive/110/27121/

2. *Шевяков В. В.* Конденсаторная модель : патент на полезную модель № 169298.

3. *Шевяков В. В.* Конденсаторная модель для исследования переходных тепловых процессов в кирпичной стенке бытовой печи // Universum: технические науки. № 8(29). URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3566.

4. *Шевяков В. В.* Каркасная печь : патент на полезную модель № 170181.

5. *Шевяков В. В.* Комбинированный топливник без колосниковой решетки : патент на полезную модель № 173707.

6. *Шевяков В. В.* Разработка и испытание комбинированного топливника без колосниковой решетки для бытовой печи // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 1. URL: http://vestnikmgsu.ru/ru/component/sjarchive/issue/issue.display/2018/1.

© Шевяков В. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Шевяков В. В. Разработка и исследование конструкции рациональной малогабаритной бытовой печи // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 96—106.

Об авторе:

Шевяков Владимир Викторович — канд. техн. наук, независимый исследователь, shevvladimir@gmail.com

V. V. Shevyakov

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE DESIGN OF A RATIONAL SMALL-SIZED HOUSEHOLD OVEN

The issues of designing small-sized household stoves with increased heat transfer time are considered. The design of a two-circuit furnace for which a patent for a utility model was obtained is proposed. The study of such a design using a condenser model showed that the proposed design of a double-circuit furnace provides a good fairly uniform heat transfer for 12 hours.

K e y w o r d s: small-sized household stoves, double-circuit oven, condenser model.

For citation:

Shevyakov V. V. [Development and research of the design of a rational small-sized household oven]. *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], 2020, iss. 2, pp. 96—106.

About author:

Vladimir V. Shevyakov — Candidate of Engineering Sciences, independent researcher, shevvladimir@gmail.com

УДК 691.327.33

Л. М. Весова

Волгоградский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН НА СТРУКТУРУ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

Ячеистые бетоны являются одним из самых универсальных строительных материалов, обладающих достаточной прочностью, высокими теплоизоляционными свойствами, долговечностью, экологической безопасностью и прочими характеристиками, которые выгодно отличают этот материал. В статье представлены результаты исследования влияния дисперсного армирования на формирование структуры композита. Дисперсное армирование позволяет в несколько раз повысить прочностные характеристики получаемых изделий. Армирующие волокна образуют пространственный каркас, размер ячеек которого зависит от геометрических характеристик фибр и их объемной концентрации. Волокна упрочняют перегородки и формируют мелкопористую структуру, которая значительно лучше сдерживает усадочные деформации в период набора прочности.

Ключевые слова: ячеистый бетон, фибропенобетон, дисперсное армирование, структурообразующая роль армирующих волокон.

Ячеистый бетон, материальная база и производство которого отличаются гибкостью, относительной простотой и экономической целесообразностью, завоевал широкую популярность.

Это один из немногих материалов, который удовлетворяет возросшим требованиям к ограждающим конструкциям. Материалы для ограждающих конструкций должны обладать достаточной прочностью и морозостойкостью, высокими теплозащитными свойствами, высокой огнестойкостью, долговечностью, экологической безопасностью. Ячеистый бетон этим требованиям удовлетворяет в большей степени, чем другие материалы.

Результаты многочисленных исследований, в том числе в области дисперсного армирования, указывают на возможность применения в условиях малоэтажного строительства безавтоклавной технологии изготовления ячеистобетонных изделий. Эта технология развивается и находит все более широкое распространение. Производство неавтоклавного ячеистого бетона осуществляется как в стационарных условиях, так и на мобильных мини-заводах. Интерес к производству изделий на мобильных установках обусловлен тем, что он максимально приближен к строительной площадке, а это во много раз уменьшает транспортные расходы и позволяет использовать местное сырье. Эти технологии позволяют получать продукцию достаточно высокого качества и не требуют больших капитальных вложений.

Следует отметить, что дисперсное армирование ячеистого бетона, независимо от степени образования пористости, позволяет в несколько раз повысить прочность получаемых изделий. Таким образом, создаются предпосылки для снижения плотности, улучшения тепло- и звукоизоляционных свойств, определяющих качество ограждающих конструкций. Значительная ударостойкость ячеистых фибробетонов позволяет решить проблему хрупкости изделий, обеспечивает их транспортабельность и защиту от случайных ударов в процессе монтажа.

Положительная роль дисперсного армирования ячеистых бетонов с точки зрения улучшения их физико-механических характеристик многократно доказана результатами экспериментальных исследований и подтверждена проверкой в производственных условиях.

Управление процессом структурообразования в пенобетонной смеси — одно из важнейших направлений улучшения качества и прежде всего физико-механических свойств пенобетонов.

Значительно меньше внимания уделяется поведению и структурообразующей роли армирующих волокон в первые сроки существования композита. Между тем именно в этот период возможно активное управление технологическим процессом.

Пенобетонные смеси относятся к многофазным системам, в которых дисперсионной средой является водный раствор поверхностно-активного вещества (ПАВ), а дисперсной — частицы твердой фазы и газовые включения [1]. Параметры ячеистой структуры зависят от объемного соотношения газовой и твердых фаз. Это соотношение определяет основные свойства ячеистого бетона и зависит от характеристик ячеистой структуры: формы и диаметра пор, размера межпоровых перегородок [2—4].

Известно, что прочность и долговечность бетонов часто оказывается ниже прогнозируемых величин из-за деструктивных процессов, обусловленных напряженным состоянием материала во время ускоренной тепловлажностной обработки. Причиной возникновения напряженного состояния в бетоне является неравномерность температурного расширения его составляющих, особенно воды и воздуха. Очевидно, что наибольшую опасность в этом отношении для высокопористой структуры ячеистого бетона представляет «защемленный» в порах воздух. Расчеты, произведенные на основе моделирования поведения сферического пузырька воздуха с водяными парами в ячеистобетонной смеси, показывают, что уменьшение размеров пор при постоянной толщине перегородок приводит к снижению растягивающих напряжений в материале при ускоренной тепловлажностной обработке (табл. 1).

Таблица 1

Внутренние напряжения в межпоровых перегородках ячеистого бетона в период ускоренной ТВО

Средний размер пор, мм	Внутреннее напряжение, МПа, при скорости подъема температуры, °С/ч		
	10	20	30
3	0,036	0,059	0,079
2	0,018	0,036	0,054
1	0,009	0,019	0,038

Таким образом, важнейшим условием получения бездефектной структуры ячеистого бетона является снижение среднего размера пор и упрочнение межпоровых перегородок, чему в немалой степени способствует введение в смесь армирующих волокон[1] [5, 6].

[1] Powder Diffraction File, inorganic phases // International Centre for Diffraction Data. USA : JCPDS, 2003.

По результатам проведенных исследований роль дисперсной арматуры в формировании структуры фибропенобетона и обеспечении ее сохранности при последующем твердении представляется следующим образом:

1 — в процессе приготовления смеси армирующие волокна, равномерно распределяясь по объему, образуют пространственный каркас, размер ячеек которого определяется геометрическими характеристиками фибр и их объемной концентрацией. Таким образом, при определенном проценте армирования может быть создана минераловолокнистая ячеистая структура с преобладанием мелких, однородных по размеру, преимущественно замкнутых воздушных пор, о чем свидетельствуют результаты изучения поровой структуры затвердевшего фибропенобетона.

2 — «возмущение» обычной пенобетонной смеси, вызванное ее транспортированием и укладкой в форму, нередко приводит к коалесценции (слиянию соседних пор), синерезису пены, утолщению и разрыхлению межпоровых перегородок, в результате чего происходит осадка свежеотформованных изделий. В фиброармированной смеси наличие поверхностей раздела в виде волокон исключает возможность укрупнения пор за счет их слияния, существенно упрочняет перегородки и, таким образом, сдерживает деформации вплоть до начала тепловлажностной обработки. О повышении несущей способности пенобетонной смеси в результате дисперсного армирования свидетельствуют результаты экспериментальных исследований (табл. 2).

Таблица 2

Изменение пластической прочности и величины осадки пенобетонной смеси при насыщении волокнами

Процент армирования по массе	*B*/*T* = 0,5		*B*/*T* = 0,6		*B*/*T* = 0,7	
	прочность, МПа	осадка см, %	прочность, МПа	осадка см, %	прочность, МПа	осадка см, %
0	0,00045	4,0	0,00041	7,3	0,00038	11,6
0,5	0,00046	2,5	0,00045	3,2	0,00040	5,3
1,0	0,00061	0	0,00056	0	0,00053	0
2,0	0,00158	0	0,00084	0	0,00068	0
3,0	0,00507	0	0,00251	0	0,00123	0

Из таблицы 2 следует, что критическое содержание фибр, при котором исключаются деструктивные процессы и период предварительной выдержки свежеотформованных изделий, должно быть не менее 1 % по массе.

3 — на ранней стадии твердения влияние дисперсной арматуры также связано со структурообразующей ролью волокнистого каркаса, провоцирующего ускорение коагуляционных, а затем и кристаллизационных процессов в минеральной части композита, обусловленное поверхностными явлениями на границе раздела фаз. Изменение пластической прочности во времени армированного и неармированного пенобетона представлено на рис. 1, а изменение пластической прочности фибробетона и пенобетона в зависимости от времени предварительной выдержки представлено на рис. 2.

Благодаря углублению физико-химического взаимодействия компонентов вблизи поверхности волокон по сравнению с остальным объемом в сравнительно короткие сроки в системе образуется фиброцементный каркас, об-

ладающий повышенной сдвиговой упругостью и пластической прочностью. Указанный эффект может быть усилен при затворении смеси, подогретой водой, с последующим выдерживанием отформованных изделий до начала тепловлажностной обработки в камерах микроклимата или другими технологическими приемами.

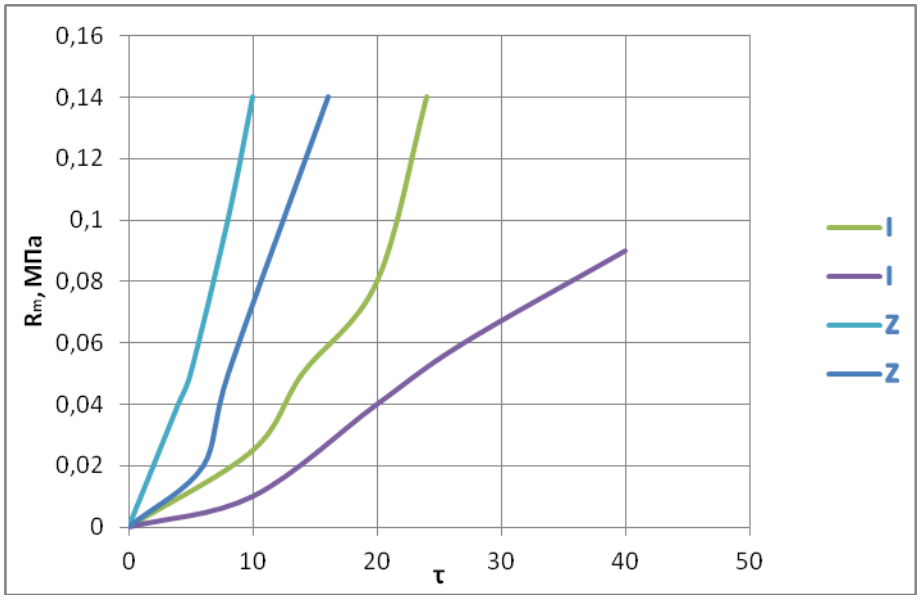


Рис. 1. Изменение пластической прочности во времени армированного и неармированного пенобетона: *1* — $t_в$ = 20 °С, $t_{возд}$ = 20 °С; *2* — $t_в$ = 60 °С, $t_{возд}$ = 38…40 °С

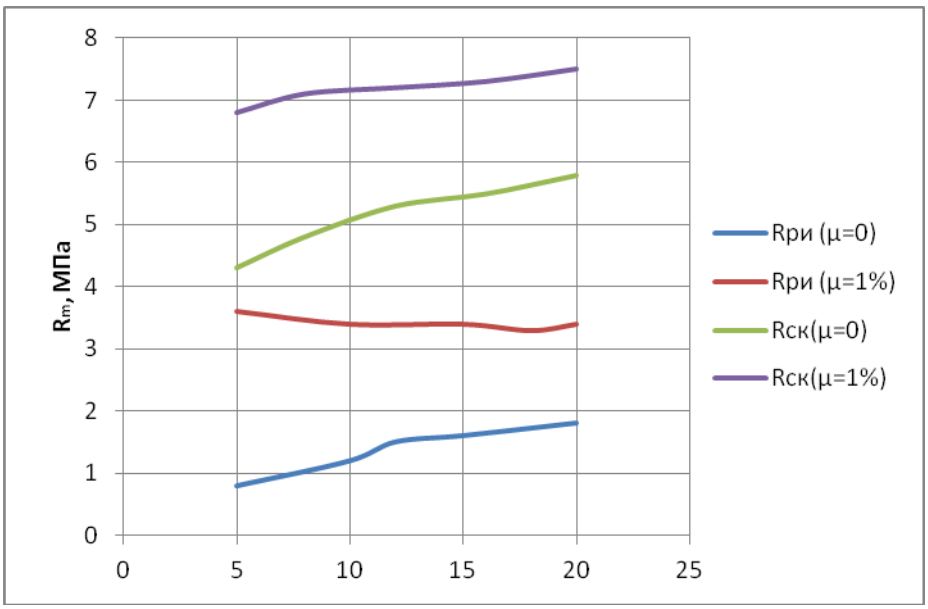


Рис. 2. Изменение пластической прочности фибробетона и пенобетона в зависимости от времени предварительной выдержки ($t_в$ = 60 °С, $t_{возд}$ = 38…40 °С)

Поскольку пластическая прочность является косвенной характеристикой процесса структурообразования, были определены механические характеристики фибропенобетона в зависимости от времени выдержки. Из приведенных данных следует, что критическая величина пластической прочности пенобетонных смесей, исключающая деструкцию материала в период ТВО, составляет 0,04 Мпа. Установлено, что в фиброармированных смесях указанное значение достигается значительно быстрее, что позволяет сократить время выдерживания изделия до начала подъема температуры. Увеличение продолжительности данного этапа против оптимального практически не приводит к повышению прочности фибропенобетона.

Таким образом, определена технологическая и структурообразующая роли армирующих волокон на начальном этапе твердения фибропенобетона, что позволяет разработать технологические приемы, способствующие получению бездефектных изделий при сокращении общего цикла производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю. М.* Технология бетона : учебное пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1987. 415 с.

2. *Перцев В. Т.* Управление процессами раннего структурообразования бетонов : дисс… д-ра техн. наук. Воронеж, 2001. 433 с.

3. *Ребиндер П. А.* Физико-химическая механика дисперсных структур. М. : Наука, 1966.

4. *Любимова Т. Ю., Пинус Э. Р.* Процессы кристаллизационного структурообразования в зоне контакта между заполнителем и вяжущим в цементном бетоне // Коллоидный журнал, 1962. Т. 24. № 5.

5. *Урьев Н. Б.* Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов. Фундаментальные аспекты, технологические приложения. М. : Интеллект. 2013. 232 с.

6. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite / A. Shvarzman, K. Kovler, G. S. Grader, G. E. Shter // Cement and Concrete Research. 2003. Vol. 33. № 3. Pp. 405—416.

© Весова Л. М., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Весова Л. М. Влияние армирующих волокон на структуру ячеистого бетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 107—112.

Об авторе:

Весова Людмила Михайловна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, vesova@rambler.ru

Lyudmila M. Vesova

Volgograd State Technical University

REINFORCING FIBER EFFECT ON THE CELLULAR CONCRETE STRUCTURE

Cellular concrete is one of the most versatile building materials that have sufficient strength, high thermal insulation properties, durability, environmental safety and other characteristics that are beneficial advantages of this material. This article presents the results of a study of the disperse reinforcement effect on the composite structure formation. Disperse reinforcement allows increasing sev-

eral-fold the strength characteristics of the resulting products. Reinforcing fibers form a spatial framework, the cell size of which depends on the geometric characteristics of the fibers and their percentage by volume. Fibers strengthen the partitions and form a finely porous structure, which significantly inhibits shrinkage deformation during the strength development.

K e y w o r d s: cellular concrete, fiber-reinforced foam concrete, disperse reinforcement, structure-forming role of reinforcing fibers.

For citation:

Vesova L. M. [Reinforcing fiber effect on the cellular concrete structure]. *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], 2020, iss. 2, pp. 107—112.

About author:

Lyudmila M. Vesova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Construction Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, vesova@rambler.ru

УДК 69:658

В. Г. Поляков, С. А. Чебанова, А. Д. Антонов

Волгоградский государственный технический университет

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В СТЕСНЕННЫХ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Представлены предложения по организационно-технологическим решениям строительства жилых комплексов. Приведены положительные характеристики и недостатки программы «Алтиус», которая позволяет автоматизировать процессы в строительстве и оптимизировать контроль поставки строительных материалов на строительную площадку. Показана возможность уменьшения площади складирования, рекомендации по календарному планированию строительно-монтажных работ. Обосновывается необходимость учета вышеперечисленных факторов при разработке проекта производства работ.

Ключевые слова: строительство, организация строительного производства, технологические процессы строительства, стесненные городские условия, календарный план строительства, организационно-технологические решения, организационно-технологическое проектирование.

В крупных городах строители часто сталкиваются с проблемами, вызванными стесненными условиями строительства. Большинство строек проходят в центральных районах города и оказываются достаточно ограничены в возможности строительной площадки[1] [1—7]. Строительные материалы, конструкции на объект завозятся в течение рабочего дня, и вопрос комплектации объекта и складирования становится ежедневно острее, так как увеличивается перечень строительно-монтажных работ и количество рабочих на строительной площадке [8, 9].

В качестве примера авторы рассмотрели строительную площадку жилого комплекса «Республика» (рис. 1). На данном строительном участке есть несколько факторов, влияющих на площадь строительной площадки, возможности складирования, использования кранов и подачи материала.

Данный комплекс находится в Дзержинском районе г. Волгограда. Стесненность условий обуславливается несколькими факторами. Первый — существующая застройка рядом с комплексом, с одной стороны — это торгово-развлекательный центр «Мармелад», с другой стороны — жилой многосекционный дом. Второй фактор — овражная зона с двух сторон строящегося здания (рис. 1).

Жилой комплекс «Республика» представляет собой 10-этажный кирпичный жилой дом. Дом строится с 2016 г., и на данный момент ведется подготовка к сдаче первой очереди. В результате этого внутренний двор разделяется на две части строительным забором, так как ведется благоустройство близлежащих территорий, устройство ливневой канализации, укладка асфальта, мощение брусчаткой. Это привело к тому, что зона складирования материалов уменьшилась в два раза, существует трудность подъезда и разгрузки строительных материалов.

[1] «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ. Ст. 1, п. 4.

Рис. 1. Ситуационный план строительной площадки жилого комплекса «Республика»

Рассмотрим некоторые общестроительные работы: возведение кладки наружных и внутренних стен, перекрытия этажа, отделка стен типовых этажей, устройство песчано-цементной стяжки, укладка напольной плитки, устройство оконных переплетов. На такой небольшой перечень требуется большое количество строительных материалов для выполнения этих работ.

При поставке материалов на строительную площадку, несмотря на расчетную площадь складов открытого и закрытого типа в зоне действия крана, материал начинает складироваться на всем строительном участке (рис. 2), после чего возникает проблема с поставкой данного материала на рабочее место для его последующего использования в работе (рис. 3). Кроме основных стесненных условий в виде овражной зоны с одной стороны, действующего жилого дома и действующей автомобильной дороги внутри дома с проведением работ по благоустройству начинается разделение первой и второй очередей строительства, и площадь складирования материалов уменьшается в два раза.

Рис. 2. Складирование мелкоштучных строительных материалов

Рассмотрим опыт наших коллег из Японии. В данной стране строительство ведется в стесненных условиях и непростых климатических и сейсмических условиях. Японцы систематизировали подачу материалов и контроль за их количеством и качеством. Материалы на строительную площадку доставляют точно в тот момент, когда они нужны и сразу поступают в работу. Для этого используются промежуточные строительные базы.

Рис. 3. Подача строительного материала на этаж

На сегодняшний день есть программы, например «Алтиус», позволяющие оптимизировать контроль поставки материалов[2].

Основные задачи, которые необходимо решить с помощью внедрения специализированной программы для управленческого учета в строительных компаниях: упорядочение ведения документооборота, четкая организация

[2] URL: http://www.altius.ru/program/stroit/versii-tekushhaya-versiya/podversii-10-9.html.

управленческого учета, оперативное финансовое, календарное, ресурсное планирование, учет материалов и оборудования, управление складскими запасами, составление сетевых планов-графиков, формирование аналитических отчетов. Цель внедрения — получение максимально «прозрачного» учета на строительном объекте, возможность оперативно реагировать на происходящие процессы, характерные для строительного бизнеса, минимизация незапланированных издержек и избежание нецелевого использования ресурсов.

Проанализируем плюсы и минусы данной программы. Изучив исходный материал, мы видим, что данная программа внедряется с 2006 г. и действительно автоматизирует все процессы в строительстве, начиная от договоров между подрядчиками, расчета сметной стоимости строительства и заканчивая формированием акта о приемке выполненных работ (КС-2) и справки стоимости выполненных работ (КС-3). Также программа позволяет следить и контролировать материальную и финансовую базу[3]. Таким образом, мы следим за всей стройкой не только проверяя и контролируя все работы, но и видим отчеты программы. Из минусов данной программы можно выделить один, но достаточно весомый — это стоимость программы, из-за чего она не пользуется такой популярностью в строительных фирмах с малыми объемами работ (договоров) и оборотом денежных средств. Указана достаточно высокая стоимость программы и ее обслуживание. Такая программа окупится и даст эффект при застройке микрорайона, а не отдельно стоящего жилого дома.

Строительство в стесненных городских условиях — это сложная специфика для инженеров-строителей. Законодательство выделяет нормативные документы, такие как: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 28.11.2018) «О техническом регулировании», Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «О пожарной безопасности», Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 06.07.2019) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», Организационно-технологические правила строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки, Регламент подготовки, организации и производства строительных (земляных) работ в стесненных условиях городской застройки.

В связи с чем необходимы специальные обучающие программы для направления «Строительство», в частности для профилей подготовки «Промышленное и гражданское строительство» (ПГС) и «Городское строительство и хозяйство» (ГСХ). Изучение, разработка организационно-технологических решений строительства, проекта производства работ (ППР), календарных графиков, методов монтажа и обеспечения экологических требований (выбросы, шум, запыленность и т. д.) нужно вести с учетом стесненности городской застройки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гаджинов А. Т.* Особенности возведения жилых зданий в стесненных условиях исторически сложившейся застройки города // Технические и математические науки. Студенческий научный форум : электр. сб. ст. по мат. III Междунар. студ. науч.-практ. конф. № 3(3). URL: https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/3(3).pdf.

[3] Там же.

2. *Олейник П. П., Бродский В. И.* Система стандартизации организации строительного производства // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 119—125.

3. *Chebanova S. A., Polyakov V. G., Azarov A. V.* Designing of organizational and technological solutions for construction in constrained urban environments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 687. Iss. 4. 2019. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/4/044004/pdf.

4. *Горячев О. М.* Организационно-технологическая подготовка строительства многоэтажных зданий в стесненных условиях : автореф. дис... канд. техн. наук. М., 2004. 22 с.

5. *Поляков В. Г., Чебанова С. А., Ступницкий В. С.* Повышение экологической безопасности при строительстве зданий в стесненных городских условиях // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 51(70). С. 205—211.

6. Влияние организационно-технологических решений строительства в стесненных городских условиях на окружающую среду / С. А. Чебанова, В. Н. Азаров, А. В. Азаров, В. Г. Поляков // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4790.

7. *Чебанова, С. А., Бурлаченко О. В., Поляков В. Г.* Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4802.

8. *Олейник П. П., Бродский В. И.* Основные требования к составу и содержанию проекта производства работ // Технология и организация строительного производства. 2013. № 3(4). С. 35—38.

9. *Олейник П. П., Бродский В. И.* Система стандартизации организации строительного производства // Вестник МГСУ. 2012. № 6. С. 119—125.

© Поляков В. Г., Чебанова С. А., Антонов А. Д., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Поляков В. Г., Чебанова С. А., Антонов А. Д. Организационно-технологические проблемы при строительстве в стесненных городских условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 113—118.

Об авторах:

Поляков Владимир Геннадьевич — д-р экон. наук, профессор, декан факультета строительства и жилищно-коммунального хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, polana@mail.ru

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, sveta_nes@mail.ru

Антонов Александр Дмитриевич — магистрант кафедры технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antonov_alex2013@mail.ru

Vladimir G. Polyakov, Svetlana A. Chebanova, Alexander D. Antonov

Volgograd State Technical University

ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS IN CONSTRUCTION IN CRAMPED URBAN CONDITIONS

Proposals are presented for improving the organizational and technological solutions for the construction of a residential complex in Volgograd. Positive characteristics and shortcomings of the Altius program are given, which allows automating all processes in construction and optimizing the control of the supply of building materials to the construction site. The possibility of reducing the storage area, improving the scheduling of construction and installation works is shown. The necessity of taking into account the above factors when developing a project for the production of work is substantiated.

K e y w o r d s: construction, organization of construction production, construction processes, constrained urban conditions, construction schedule, organizational and technological solutions, organizational and technological design.

For citation:

Polyakov V. G., Chebanova S. A., Antonov A. D. [Organizational and technological problems in construction in cramped urban 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], 2020, iss. 2, pp. 113—118.

About authors:

Vladimir G. Polyakov — Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Civil Engineering and Municipal Services, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, polana@mail.ru

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Construction Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, sveta_nes@mail.ru

Alexander D. Antonov — Master's Degree student of Construction Technologies Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, antonov_alex2013@mail.ru

УДК 656:621.86

Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко

Волгоградский государственный технический университет

МОБИЛЬНАЯ РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Долговечность металлоконструкций ограждений парковой зоны городской инфраструктуры, улично-дорожной сети, мостовых переходов и других объектов, как правило, обеспечивается нанесением различными инструментами на поверхность ограждения защитных лакокрасочных материалов. К наиболее распространенным инструментам следует отнести кисти, валики и пневматические распылители. Однако все они обладают существенными недостатками, основным из которых является низкая производительность выполняемых работ упомянутыми инструментами. На основе аналитических исследований и опытно-конструкторских работ авторами запатентовано техническое решение в виде проекта конструкторской документации для изготовления на базе мобильного грузоподъемного транспортного средства опытного образца распылительной системы для окраски ограждений. Предлагаемая конструкция обеспечивает повышение производительности покрытия лакокрасочными материалами ограждений и экологическую безопасность окружающей среды в зоне проведения работы.

Ключевые слова: камера, экран, распылитель, гидроцилиндр, трубопровод, лоток, емкость, компрессор, траверса, грузоподъемное транспортное средство.

Анализ существующих способов окраски ограждений показывает, что для восстановления покрытия ограждений преимущественно используется ручной труд, который не обеспечивает необходимую производительность и защиту окружающей среды при выполнении работ.

Производительность — важный критерий в оценке эффективности труда. Чем выше производительность, тем меньше затраты в производстве, ниже себестоимость выполненных работ с учетом оптимизации численности рабочих, инженерно-технической и управленческой службы, сметной стоимости на материалы, зарплату, накладные расходы и различного рода отчисления.

Окраска ограждений большой протяженности кистью или валиком не обеспечивает высокую производительность выполнения работ и, как правило, сопровождается повышением стоимости выполняемых работ. Кисти различной ширины и толщины — недорогой инструмент, удобен для окраски недоступных участков ограждений, но обработка большой площади занимает значительное время. Валик следует применять для окраски ровных поверхностей большой площади. Однако его применение вместе с равномерным нанесением покрытия приводит к увеличению расхода лакокрасочного материала, особенно для обработки решетчатых ограждений и мелких деталей.

Краскопульты, пульверизаторы, пистолеты-распылители, краскораспылители [1—18] удобны для окраски протяженных и высоких ограждений. В сравнении с кистью и валиком существенно сокращают время окраски, обеспечивают ровное покрытие на всех участках, снижают расход лакокрасочного материала. Вместе с тем не могут удовлетворять требованиям, предъявляемым к окраске ограждений решетчатой конструкции и защиты окружающей среды в зоне выполняемых работ.

Например, пистолет-распылитель [1], совмещенный с емкостью для лакокрасочного материала, подключенный через гибкий шланг к переносному компрессору подачи в распылитель сжатого воздуха, имеет ограниченную площадь распыления лакокрасочных материалов на окрашиваемую поверхность, так как факел распыления лакокрасочного материала формируется одним соплом, что снижает производительность работ, также применение ручного труда ограничивает производительность, поэтому при окраске, например, ограждений большой протяженности потребуется увеличение численности рабочих, что повышает стоимость выполняемых работ. Кроме того, к существенному недостатку следует отнести то обстоятельство, что в открытом пространстве в атмосферу выбрасывается значительное количество неиспользованного продукта распыления, химический состав которого отрицательно влияет на экологическую безопасность окружающей среды.

Распылительная система с переносным краскораспылителем [12], содержащая пистолет-распылитель, совмещенный с емкостью для лакокрасочных материалов, переносной компрессор и гибкий шланг для подачи сжатого воздуха в распылительную систему, также имеет ограниченную площадь распыления лакокрасочных материалов на покрываемую поверхность, так как факел распыления обеспечивается одним соплом, а применение ручного труда при окраске ограждений снижает производительность распылительной системы. К существенному недостатку можно отнести то, что для покрытия ограждения большой протяженности, например ограждений парковой зоны, бульваров, мостовых переходов, потребуется частая дозаправка емкости для лакокрасочных материалов, также средство для транспортировки компрессора, при этом возрастает трудоемкость и стоимость выполняемых работ. Кроме того, при решетчатой конфигурации рисунка покрываемого ограждения большая часть лакокрасочных материалов или растворителей, применяемых для обезжиривания поверхности ограждения, выбрасывается в атмосферу, что приводит к увеличению расхода материала и загрязнению окружающей среды.

Как видно из анализа, применение пневматического распылителя незначительно повышает производительность работ. Кроме того, для покрытия ограждения большой протяженности потребуется частая дозаправка емкости для лакокрасочных материалов, а также средство для транспортировки компрессора. В свою очередь, при решетчатой конфигурации рисунка покрываемого ограждения часть лакокрасочных материалов или растворителей, применяемых для обезжиривания поверхности ограждения, выбрасывается в атмосферу, что приводит к увеличению расхода материала и загрязнению окружающей среды.

Общим недостатком для вышеупомянутого инструмента для окраски ограждений является низкая производительность выполняемых работ из-за ограниченной площади распыления лакокрасочного материала на покрываемую поверхность ограждения, обусловленная формированием факела распыления одним соплом, применения непроизводительного ручного труда и отсутствия защиты окружающей среды от неиспользованного после распыления химически вредного лакокрасочного материала.

На основе анализа перечисленных недостатков проведен синтез отдельных элементов и разработана интегрированная схема технического решения,

позволяющего устранить упомянутые недостатки. Во-первых — замена непроизводительного ручного труда на механизированную систему, управляемую оператором из мобильного транспортного средства. Во-вторых — оснащение мобильного транспортного средства грузоподъемным механизмом для навешивания с помощью траверсы и установки распылительной системы на ограждение. В-третьих — изолирование распылителей распылительной системы от окружающей среды. В-четвертых — применение механизма сбора для утилизации неиспользованного лакокрасочного материала.

На основе сформулированной концепции для решения технической задачи по повышению эффективности покрытия ограждений авторами предлагается распылительная система, которая позволяет за счет расширения площади распыления и непрерывного механизированного покрытия ограждений повысить производительность и обеспечить защиту окружающей среды в зоне проведения работ (рис. 1—3). Интеллектуальная собственность закреплена патентом на изобретение [19].

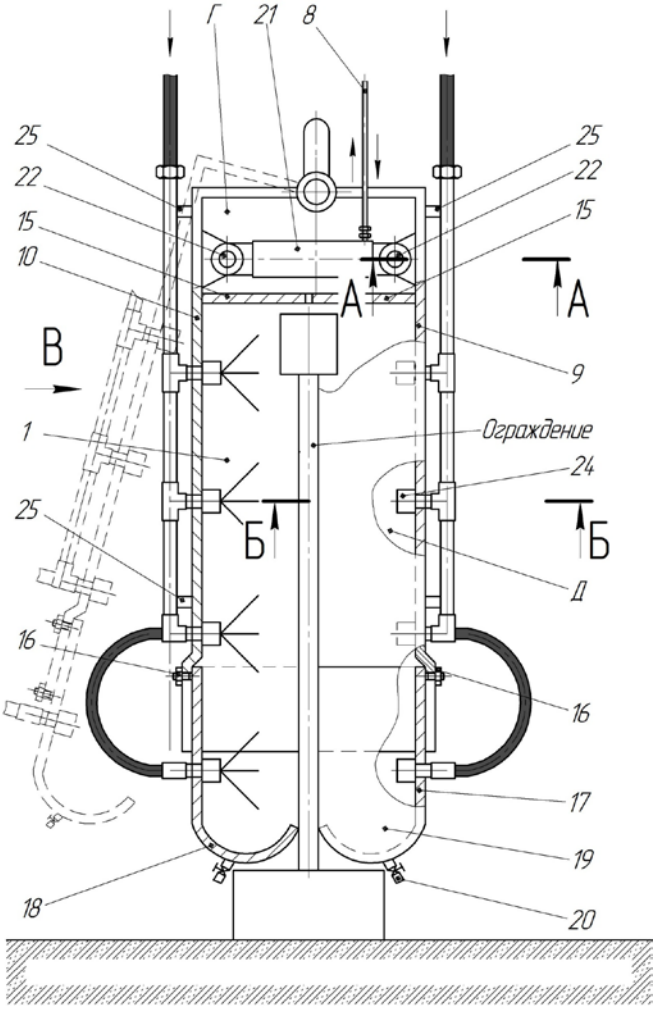


Рис. 1. Распылительная система

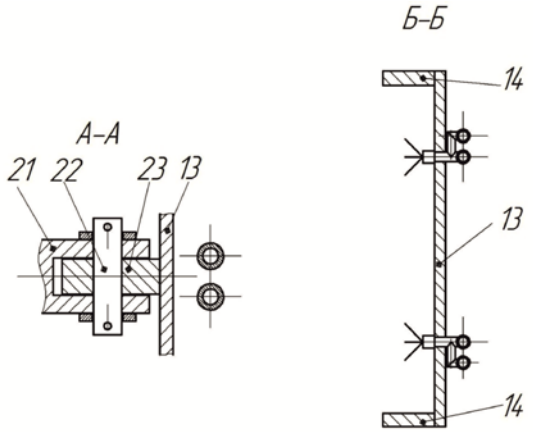


Рис. 2. Распылительная система

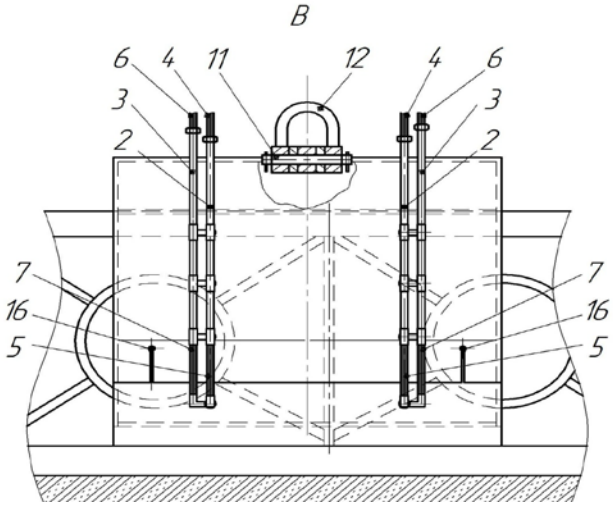


Рис. 3. Распылительная система

Социальная значимость технического решения заключается в том, что с помощью мобильного механизированного способа окраски ограждений достигнута высокая производительность окраски ограждений и обеспечена полная защита окружающей среды от загрязнения неиспользованными лакокрасочными материалами.

Распылительная система содержит распылительную камеру *1*, металлические трубопроводы *2* для подачи лакокрасочного материала, металлические трубопроводы *3* для подачи сжатого воздуха, гибкие шланги *4* и *5* для подачи лакокрасочного материала, гибкие шланги *6* и *7* для подачи сжатого воздуха и гибкий шланг *8* подачи рабочей жидкости гидропривода.

Распылительная система выполнена в виде металлической распылительной камеры *1*, состоящей из двух симметрично расположенных экранов *9* и *10* коробчатого типа, соединенных между собой шарниром *11* с траверсой *12*, предназначенной для навешивания камеры *1* на стрелу мобильного грузоподъемного транспортного средства (на чертеже не показано).

Экраны *9* и *10* состоят из несущих *13* и боковых *14* стенок. В верхней части камеры *1* на внутренних несущих стенках *13* экранов *9* и *10* жестко закреплены перегородки *15*, разделяющие камеру *1* на два отсека — «сухой» *Г* и «мокрый» *Д*. В нижней части экранов *9* и *10* на внутренних несущих стенках *13* с возможностью регулирования по высоте закреплены посредством резьбового соединения *16* накопители *17* коробчатого типа, выполненные в виде лотков *18*, закрытых с двух сторон боковыми стенками *19*, причем лотки *18* снабжены штуцерами *20* с вентилями для слива лакокрасочного материала, осаждаемого при окраске.

В «сухом» отсеке *Г* камеры *1* установлен гидроцилиндр *21* гидропривода одностороннего действия с гибким шлангом *8* для подачи рабочей жидкости в полость гидроцилиндра *21*, который соединен шарнирами *22* с кронштейнами *23*, неподвижно закрепленными на внутренних несущих стенках *13* экранов *9* и *10*, и предназначен для разведения экранов *9* и *10* при установке распылительной системы на ограждение.

В «мокром» отсеке *Д* на внутренней поверхности экранов *9* и *10* и накопителей *17* размещены распылители *24*, которые соединены с металлическими трубопроводами *2* подачи лакокрасочного материала и *3* сжатого воздуха, с гибкими шлангами *5* подачи лакокрасочного материала и *7* сжатого воздуха, расположенных на наружных поверхностях экранов *9* и *10*, причем металлические трубопроводы *2* и *3* неподвижно закреплены с помощью кронштейнов *25* на наружных несущих стенках *13* экранов *9* и *10* и через гибкие шланги *4* и *6* соединены с емкостью для лакокрасочных материалов и компрессором для подачи сжатого воздуха, установленных на мобильном грузоподъемном транспортном средстве.

Гибкие шланги *5* и *7* присоединены к металлическим трубопроводам *2* и *3* и предназначены для подачи лакокрасочных материалов и сжатого воздуха к распылителям *24*, расположенным на внутренних поверхностях накопителей *17*, а при регулировке высоты камеры *1* обеспечивают свободное перемещение накопителей *17* относительно несущих стенок *13* экранов *9* и *10*. Емкость для лакокрасочных материалов, компрессор для подачи сжатого воздуха и гидропривод для подачи рабочей жидкости в гидроцилиндр размещены на мобильном грузоподъемном транспортном средстве (на чертеже не показано).

Распылительная система работает следующим образом. Для окраски ограждения распылительную систему подготавливают к работе следующим образом. Накопители *17* камеры *1* распылительной системы перемещают по внутренним несущим стенкам *13* экранов *9* и *10* на высоту ограждения, фиксируют резьбовыми соединениями *16* и навешивают с помощью траверсы *3* на мобильное грузоподъемное транспортное средство. Гибкие шланги *4* и *6* подачи к распылителям лакокрасочного материала и сжатого воздуха присоединяют к расположенным на мобильном грузоподъемном транспортном средстве емкости для лакокрасочных материалов и компрессору, а гибкий шланг *8* гидропривода для подачи рабочей жидкости к гидроцилиндру *21*, с помощью которого разводятся экраны *9* и *10* на угол, обеспечивающий свободное прохождение их через верхнюю часть ограждения. После установки камеры *1* на ограждение подача рабочей жидкости в гидроцилиндр *21* прекращается и экраны *9* и *10* под собственным весом складываются и вытесняют по гибкому шлангу *8* рабочую жидкость из полости гидроцилиндра *21* в

гидробак, расположенный на мобильном грузоподъемном транспортном средстве. В результате этого экраны *9* и *10*, охватывая ограждение, образуют замкнутое пространство «мокрого» отсека *Д* камеры *1*, тем самым изолируют его от окружающей среды. При перемещении камеры *1* вдоль ограждения конструкция механизма для разведения и складывания экранов *9* и *10* исключает возможность заклинивания ее на ограждении. После подготовки распылительной системы к работе в распылителе *24* подается лакокрасочный материал и сжатый воздух. В процессе окраски ограждения осаждаемый в лотках *18* лакокрасочный материал через штуцеры *20*, снабженные вентилями, сливается для утилизации.

Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет повысить эффективность работы заявляемой распылительной системы за счет расширения площади распыления и механизированной окраски ограждения, а также увеличить производительность окраски ограждений и обеспечить защиту окружающей среды путем локализации зоны распыления и сбора осаждаемого лакокрасочного материала для утилизации.

Выводы:

Предлагаемое техническое решение обеспечивает повышение площади распыления и непрерывность механизированного процесса покрытия ограждения лакокрасочными материалами, что позволяет увеличить производительность.

Применение камеры мобильной распылительной системы, охватывающей ограждение, способствует защите окружающей среды в зоне распыления лакокрасочных материалов и сбору неиспользованного осаждаемого лакокрасочного материала для дальнейшей утилизации, а также экологической безопасности и снижению затрат на обслуживание системы.

Непрерывность работы мобильной распылительной системы обеспечивается грузоподъемным транспортным средством с размещением на нем емкости с лакокрасочным материалом, компрессора для сжатого воздуха и гидропривода подачи рабочей жидкости в гидроцилиндр для разведения экранов камеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пистолет-распылитель : патент Рос. Федерации № 2495727, 10.09.2013.
2. Пистолет-распылитель с встроенным плотно пригнанным соединителем для резервуара для окраски : патент Рос. Федерации № 2005111965, 10.11.2005.
3. Пистолет-распылитель с удлиненным устройством для удлинения рукоятки пистолета-распылителя : патент Рос. Федерации 2490073, 20.08.2013.
4. Пистолет-краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 119265 U1.
5. Распылительный пистолет : патент Рос. Федерации № 145941 U1.
6. Распылительная головка : патент Рос. Федерации № 2233203, 27.07.2004.
7. Распылительная система с пистолетом-распылителем : патент Рос. Федерации № 2491996, 10.09.2013.
8. Распылительная система с пистолетом-распылителем : патент Рос. Федерации № 2497598, 10.11.2013.
9. Краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 2014157 C1, 15.06.1994.
10. Краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 9765 U1.
11. Краскораспылитель художника : полезная модель Рос. Федерации № 91897 U1.
12. Переносной краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 2491997, 10.09.2013.
13. Ручной краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 151197 U1, 27.03.2015.
14. Краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 2171719, 10.08.2001.

15. Краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 4085 U1.
16. Краскораспылитель : патент Рос. Федерации № 2120339 C1.
17. Распылитель жидкости : патент Рос. Федерации № 93025668, 20.08.1996.
18. Распылитель для жидкостей и сопловая вставка : патент Рос. Федерации № 2205705, 10.06.2003.
19. *Фоменко Н. А. Бурлаченко О. В., Фоменко В. Н.* Распылительная система : патент Рос. Федерации № 2712570 C1.

© Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В. Мобильная распылительная система на базе грузоподъемного транспортного средства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 119—125.

Об авторах:

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доцент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, info@vgasu.ru

Nikolai A. Fomenko, Oleg V. Burlachenko

Volgograd State Technical University

MOBILE SPRAY SYSTEM BASED ON A LOAD-LIFTING VEHICLE

The durability of metal structures of fences in the Park zone of urban infrastructure, the road network, bridge crossings and other objects is usually provided by applying various tools to the surface of the fence protective paint materials. The most common tools include brushes, rollers, and pneumatic sprayers. However, all of them have significant disadvantages, the main of which is the low productivity of the work performed by the mentioned tools. On the basis of analytical research and development work, the authors patented a technical solution in the form of a draft design documentation for manufacturing a prototype spray system for painting fences on the basis of a mobile load-lifting vehicle. The proposed design provides an increase in the performance of coating with paint and varnish materials of fences and environmental safety of the environment in the work area.

K e y w o r d s: camera, screen, sprayer, gyro cylinder, pipeline, tray, container, compressor, traverse, load-lifting vehicle.

For citation:

Fomenko N. A., Burlachenko O. V. [Mobile spray system based on a load-lifting vehicle]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 119—125.

About authors:

Nikolai A. Fomenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

Oleg V. Burlachenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-Director for Scientific Work, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

УДК 69.331.438

В. А. Сенченко[а], С. Л. Пушенко[б], Е. В. Стасева[б], Т. Т. Каверзнева[в], Н. В. Румянцева[в]

[а] Волгоградский филиал ПАО «Ростелеком»

[б] Донской государственный технический университет

[в] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассмотрены научно-методические основы в организации системы обучения и проверки знаний по безопасности труда в организациях, которые имеют территориально удаленные участки и филиалы. Приведены преимущества и недостатки различных способов обучения и проверки знаний по безопасности труда. В статье предложен алгоритм организации обучения и проверки знаний работников с использованием дистанционных технологий. Рассмотрены возможности и пути внедрения дистанционного обучения и проверки знаний в каждой конкретной организации.

Ключевые слова: безопасность труда, обучение, инструктажи, проверка знаний, дистанционное обучение, проверка знаний.

Введение. В соответствии с требованиями Трудового кодекса РФ, а также положений Постановления Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» (далее — Постановление 1/29)[1] обучение и проверку знаний требований безопасности и охраны труда (ОТ) обязаны проходить все работники предприятий. При поступлении на работу, далее либо 1 раз в год или 1 раз в 3 года.

Таким образом, каждый работник при приеме на работу в течение первого месяца, а также с периодичностью 1 раз в год или 1 раз в 3 года должен пройти обучение и проверку знаний (сдать экзамен) по безопасности труда в соответствии с вышеуказанным Постановлением 1/29[2] [1].

Анализ результатов многочисленных исследований показал, что одной из основных причин травматизма на производстве являются отсутствие или некачественное обучение и проверка знаний по безопасности труда. Необходимо исправить данную ситуацию путем усиления контроля, повышения качества обучения, используя различные мультимедийные компьютерные технологии [2—5].

Постановка задачи. В настоящее время много предприятий имеют территориально удаленные филиалы и участки. Традиционно в эту группу попа-

[1] Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 13.01.2003 № 1/29 и Постановление Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

ГОСТ Р 12.0.007—2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.

[2] Там же.

дают строительные и эксплуатационные организации, которые по своей структуре обслуживаемых объектов имеют удаленные рабочие места: строители, связисты, энергетики, нефтяники, газовики и т. д. С развитием сетей связи и технологий передачи данных все больше и больше предприятий используют работников, которые работают удаленно на строительстве и обслуживании данных объектов.

Проблему обучения и проверки знаний требований безопасности труда на удаленных рабочих местах рассмотрим на примере строительства и эксплуатации объектов ПАО «Ростелеком (ПАО РТК)» в Волгоградской области. Компания занимается предоставлением услуг связи в области.

На рисунке 1 приведена карта Волгоградской области, площадь которой составляет 112 877 км².

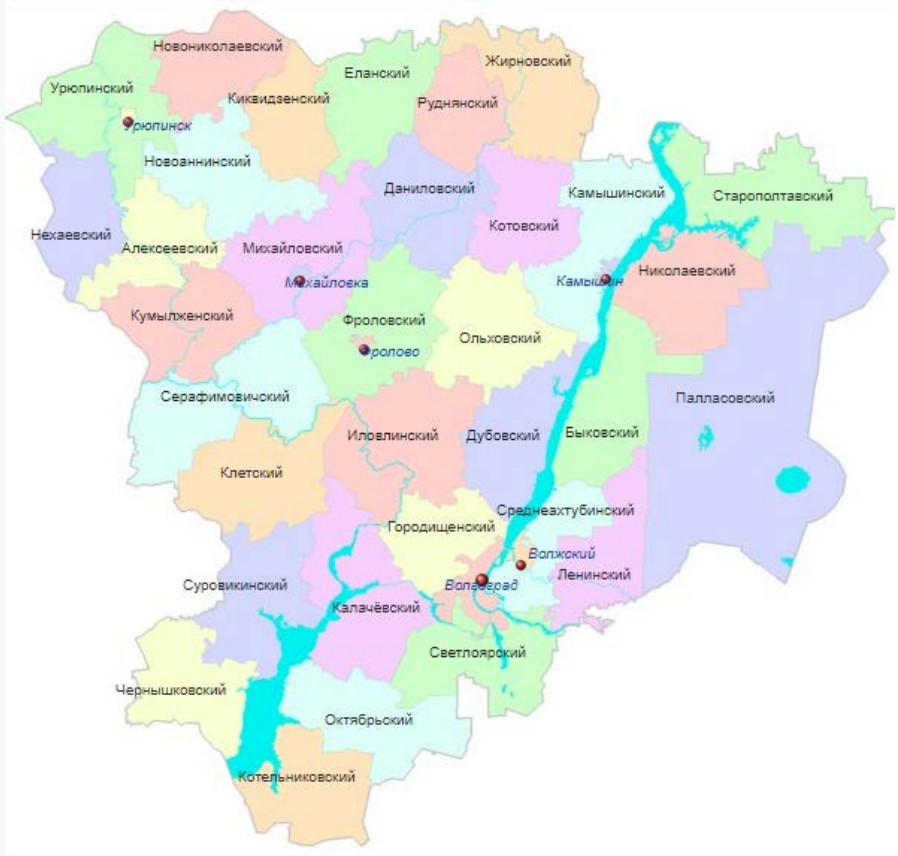


Рис. 1. Карта Волгоградской области

В рамках административно-территориального устройства Волгоградская область состоит из следующих административно-территориальных единиц:

6 городских округов (города Волгоград, Волжский, Камышин, Михайловка, Урюпинск, Фролово);

32 муниципальных района (Алексеевский, Быковский, Городищенский, Даниловский, Дубовский, Еланский, Жирновский, Иловлинский, Калачевский, Камышинский, Киквидзенский, Клетский, Котельниковский, Котовский, Ку-

мылженский, Ленинский, Нехаевский, Николаевский, Новоаннинский, Новониколаевский, Октябрьский, Ольховский, Палласовский, Руднянский, Светлоярский, Серафимовичский, Среднеахтубинский, Старополтавский, Суровикинский, Урюпинский, Фроловский, Чернышковский).

Для строительства, обустройства, оказания услуг связи, а также эксплуатации линий связи в каждом городском округе и муниципальном районе имеются участки, филиалы ПАО РТК, в которых находятся технические работники компании.

Директор, руководители отделов и служб (главные специалисты) предприятия территориально находятся в Волгограде. В муниципальных районах находятся руководители подразделений. Специалисты предприятия по безопасности и охране труда находятся в Волгограде, Михайловке, Жирновске, Волжском.

В соответствии с пунктом 3.4. Постановления 1/29 для проведения проверки знаний требований безопасности и охраны труда работников в организациях создается комиссия по проверке знаний в составе не менее трех человек, прошедших обучение и проверку знаний требований безопасности и охраны труда в специализированной организации[3] [1]. В состав комиссий по проверке знаний у работников включаются руководители организаций и их структурных подразделений, специалисты службы безопасности и охраны труда, главные специалисты (технолог, механик, энергетик и т. д.), представители профсоюзного органа, представляющего интересы работников [1].

Так как должностные лица ПАО РТК, указанные в пункте 3.4. Постановления 1/29, не находятся территориально в одном месте, комиссии по проверке знаний требований охраны труда возможно сформировать только с учетом удаленности тех или иных рабочих мест от комиссии по проверке знаний требований безопасности и охраны труда.

Аналитическая часть. Практика показывает, что работнику или членам комиссии приходится проделать путь иногда в 200…300 км, чтобы состоялась юридически значимая процедура проверки знаний требований безопасности и охраны труда. Опыт работы такой комиссии показывает, что после езды даже в качестве пассажира на машине на расстояние 200…300 км человек устает. Также для того чтобы преодолеть расстояние в 200…300 км, требуются финансовые (командировочные, затраты на эксплуатацию транспортных средств или проездной билет) и временные затраты (трудовые затраты в качестве затрат на оплату труда). Расчет транспортных расходов и трудовых затрат, связанных с перемещением сотрудников организации для проверки знаний работников, показал существенные цифры.

К примеру, возьмем проверку знаний требований охраны труда в г. Суровикино Волгоградской области. Расстояние между Суровикино и Волгоградом составляет 138,0 км. В Суровикино необходимо провести проверку знаний у 10 работников бригады строителей по возведению объекта связи. Члены комиссии в количестве трех человек направляются в данное подразде-

[3] Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 13.01.2003 № 1/29 и Постановление Минобразования России от 13.01.2003 № 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

ление. Например, средняя зарплата члена комиссии составляет 30 тыс. рублей. Мы берем вариант, когда все работники подготовились к проверке знаний и пройдут ее успешно. В качестве транспорта мы берем в расчет автобус. Если мы возьмем транспортные затраты на автомобиле с водителем — затраты будут выше.

В случае проведения проверки знаний у работников филиала с использованием дистанционных технологий командировочные расходы не требуются. Сравнительный анализ затрат и ресурсов компании при очной и дистанционной проверке знаний требований безопасности труда представлен в табл. 1.

Таким образом, затраты на очную проверку знаний по сравнению с дистанционной превышают на сумму 5599 руб. на 10 человек. Если мы возьмем 1000 человек, то затраты составят 559 900 рублей. Данный расчет имеет упрощенную форму и не учитывает усталость членов комиссий при транспортировке, работников, не сдавших экзамен с первого раза, аварийные и срочные ситуации, внеочередную проверку знаний и много других факторов. Поэтому экономический эффект при использовании дистанционной формы проверки знаний требований безопасности и охраны труда, оцениваемый экспертным образом, может составить около 1 000 000 руб. в год.

В соответствии с Постановлением 1/29 пункты 2.3.5, 4.6, 14.1, 14.4 позволяют проводить дистанционное обучение. Однако дистанционную проверку знаний Постановление 1/29 никак не регулирует. Но пункт 2.2.3 Постановления 1/29, с одной стороны, предлагает, а с другой — обязывает работодателя установить порядок, форму, периодичность и продолжительность обучения и проверки знаний требований безопасности и охраны труда работников строительных и других профессий в соответствии с нормативными правовыми актами, регулирующими безопасность конкретных видов работ. Поэтому работодатель вправе установить самостоятельно порядок обучения и проверки знаний с учетом применения дистанционных технологий.

Министерство образования РФ является органом исполнительной власти, наделенным полномочиями регулировать правоотношения в области образования. Охрана труда — это образовательная программа, направленная на обеспечение безопасности труда работников в процессе трудовой деятельности. Таким образом, в неурегулированных вопросах мы можем пользоваться подходами этого ведомства.

В развитии государственной политики Российской Федерации Министерство образования и науки РФ издало Приказ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»[4]. Пункт 8 этого приказа разрешает образовательной организации проводить экзамены и зачет в дистанционной форме. Таким образом, мы можем определить подходы государства в данном вопросе. Этот подход не противоречит Федеральному закону от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

[4] Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

Таблица 1

Расчет затрат и ресурсов компании при очной и дистанционной проверке знаний требований безопасности и охраны труда

Наименование затратной части	Затраты и ресурсы компании при очной проверке знаний безопасности и охраны труда	Сумма, руб.	Затраты при дистанционной проверке знаний безопасности и охраны труда	Сумма, руб.
Транспортные расходы	Билет на автобус Волгоград — Суровикино 3 человека × 2 (в обе стороны)	374,0 · 3 = 2 = 2224,0 руб.	Нет	0
Затраты на оплату труда работников в ходе их доставки	Время в пути Волгоград — Суровикино составляет 2 часа 20 минут, плюс время на ожидание и время, необходимое добраться до подразделения. Получается 3 часа · 2 = 6 часов	30 000,0 / 160 · 3 · 6 = 3375,0 руб.	Нет	0
Трудовые затраты на проверку знаний требований охраны труда	2 часа	30 000,0 / 160 · 3 · 2 = 1125,0 руб.	2 часа	30 000,0 / 160 · 3·2 = 1125,0 руб.
ИТОГО:		6724,0 руб.		1125,0 руб.

В силу статьи 165.1 ГК РФ заявления, уведомления, извещения, требования или иные юридически значимые сообщения, с которыми закон или сделка связывает гражданско-правовые последствия для другого лица, влекут для этого лица такие последствия с момента доставки соответствующего сообщения ему или его представителю.

Следует сказать, что сканы документов имеют свою юридическую значимость. Данная позиция схожа с той, которая содержится в Постановлении Пленума Верховного Суда РФ от 23.06.2015 № 25 «О применении судами некоторых положений раздела I части первой Гражданского кодекса Российской Федерации» — «Если иное не установлено законом или договором и не следует из обычая или практики, установившейся во взаимоотношениях сторон, юридически значимое сообщение может быть направлено, в том числе посредством электронной почты, факсимильной и другой связи, осуществляться в иной форме, соответствующей характеру сообщения и отношений, информация о которых содержится в таком сообщении, когда можно достоверно установить, от кого исходило сообщение и кому оно адресовано».

Анализ результатов. Таким образом, хоть Порядок 1/29 прямо не регулирует данный вопрос, мы полагаем, что дистанционный способ обучения и проверки знаний по безопасности и охране труда является юридически законен.

В результате обучения и проверки знаний происходит следующий обмен информацией: визуальное и голосовое восприятие информации, передача текстовой информации, возможно тактильное общение. Тактильное общение не требуется.

Если рассматривать концептуально, то общение осуществляется при помощи вербальных и невербальных средств. Вербальные — это речевые средства общения (лат. verbalis — устный, словесный). Невербальные — это неречевые средства (мимика, жесты, прикосновения и др.). Речь как средство вербального общения является одновременно и источником информации, и способом воздействия на собеседника. Тактильное общение — это способ общения и взаимодействия людей и животных посредством чувства осязания. Тактильно-кинестезические данные поступают от сенсорных рецепторов, которые находятся в коже, суставах, мышцах, сухожилиях и во внутреннем ухе.

В таблице 2 приведены необходимые и достаточные виды и способы передачи информации в процессе обучения и проверки знаний требований безопасности и охраны труда [6—8].

С интернета в последнее время получило сильное развитие программное обеспечение, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через интернет между компьютерами (IP-телефония). К примеру: Skype (МФА: [skaip]) — бесплатное проприетарное программное обеспечение с закрытым кодом, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через интернет между компьютерами (IP-телефония), опционально используя технологии пиринговых сетей, а также платные услуги для звонков на мобильные и стационарные телефоны[5] [7—9].

[5] ГОСТ Р 55751—2013. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные учебно-методические комплексы. Требования и характеристики.

Таблица 2

Необходимые и достаточные виды и способы передачи информации в процессе обучения и проверки знаний требований безопасности и охраны труда

Виды восприятия и способы передачи информации	Обучение и проверка знаний при личном присутствии работника и членов комиссии	Дистанционное обучение и проверка знаний с использованием программного обеспечения, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через интернет между компьютерами (IP-телефония)
Визуальное восприятие работника и членов комиссии	Да	Да
Голосовое общение	Да	Да
Передача текстовых сообщений	Да	Да
Тактильное общение	Не требуется	Не требуется

На рисунке 2 приведена блок-схема алгоритма проведения проверки знаний требований безопасности и охраны труда в различных вариантах.

С помощью видеоприложения можно осуществить вербальное и невербальное общение. В связи с этим встает вопрос, а нужно ли тратить время и денежные средства на командировку для обучения и проверки знаний в удаленных подразделениях. Анализируя виды восприятия и способы передачи информации, мы приходим к выводу, что при обучении и проверке знаний требований безопасноси и охраны труда нет отличий в предназначенных для этого способах. Однако затратная часть, связанная с транспортными расходами и трудовыми затратами на транспортировку работников, отсутствует. Алгоритм проведения проверки знаний требований безопасности и охраны труда с использованием дистанционных технологий представлен на рис. 3.

В таблице 3 приведены преимущества и недостатки различных способов проверки знаний работников как при личном присутствии, так и при дистанционном [7—10].

Мероприятия в сфере безопасности и охраны труда по большей части — затратная часть бюджета предприятия любой сферы деятельности, а строительства в особенности. Поэтому работодатель не хочет получить штраф за нарушение требований законодательства от Государственной инспекции труда в субъекте Российской Федерации. Для того чтобы узнать позицию Федеральной службы по труду и занятости (Роструд), мы обратились к ним за разъяснением по вопросу использования дистанционных технологий при обучении и проверке знаний безопасности и охраны труда у работников.

В письме Федеральной службы по труду и занятости, исх. № ПГ/67161-63-3 от 15.04.2019 г. отражена позиция Роструда по данному вопросу, а именно: «...Вышеуказанный порядок не содержит ограничений по способам проведения инструктажей, обучения и проверки знаний требований охраны труда».

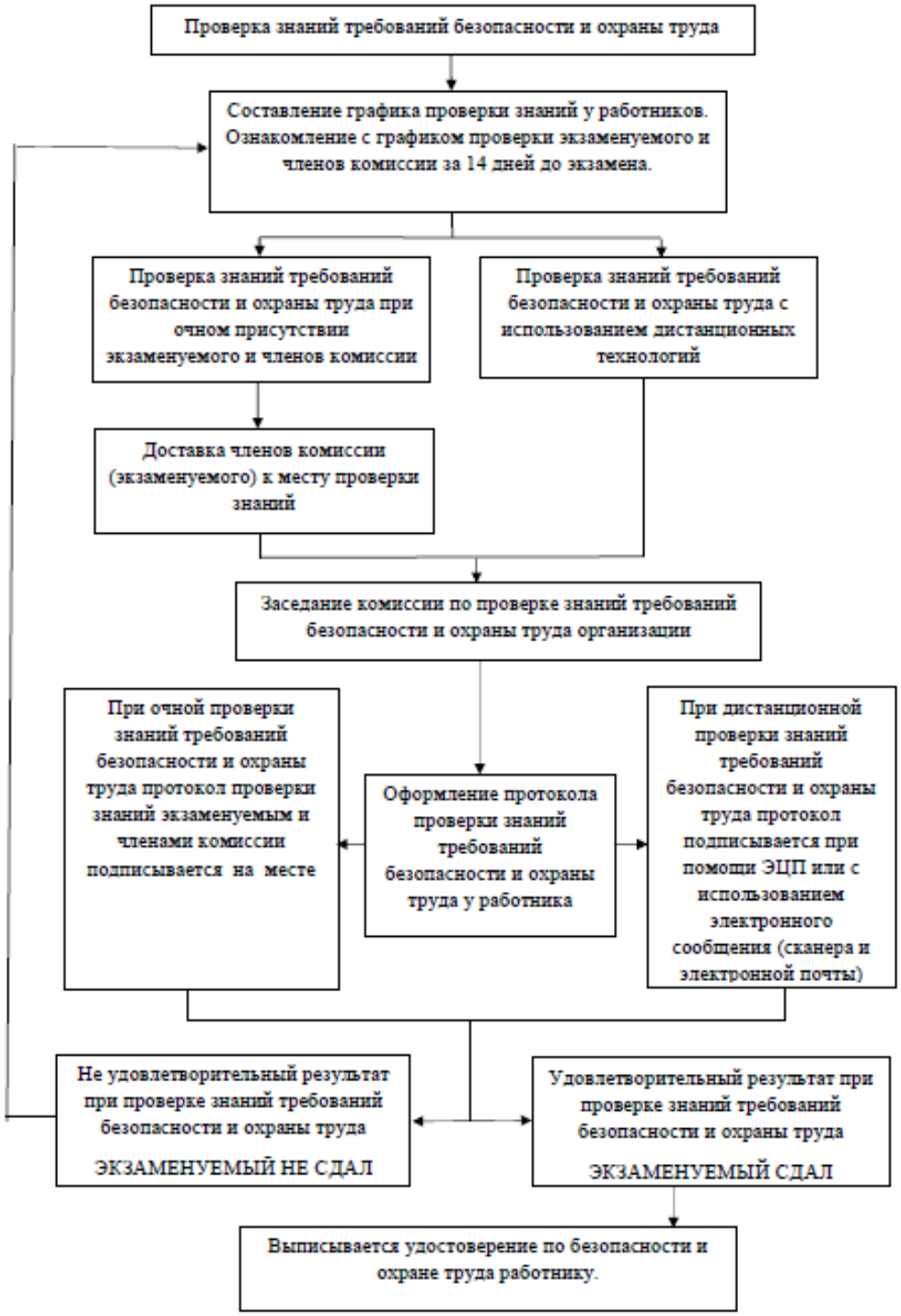


Рис. 2. Блок-схема алгоритма проведения проверки знаний требований безопасности и охраны труда в различных вариантах

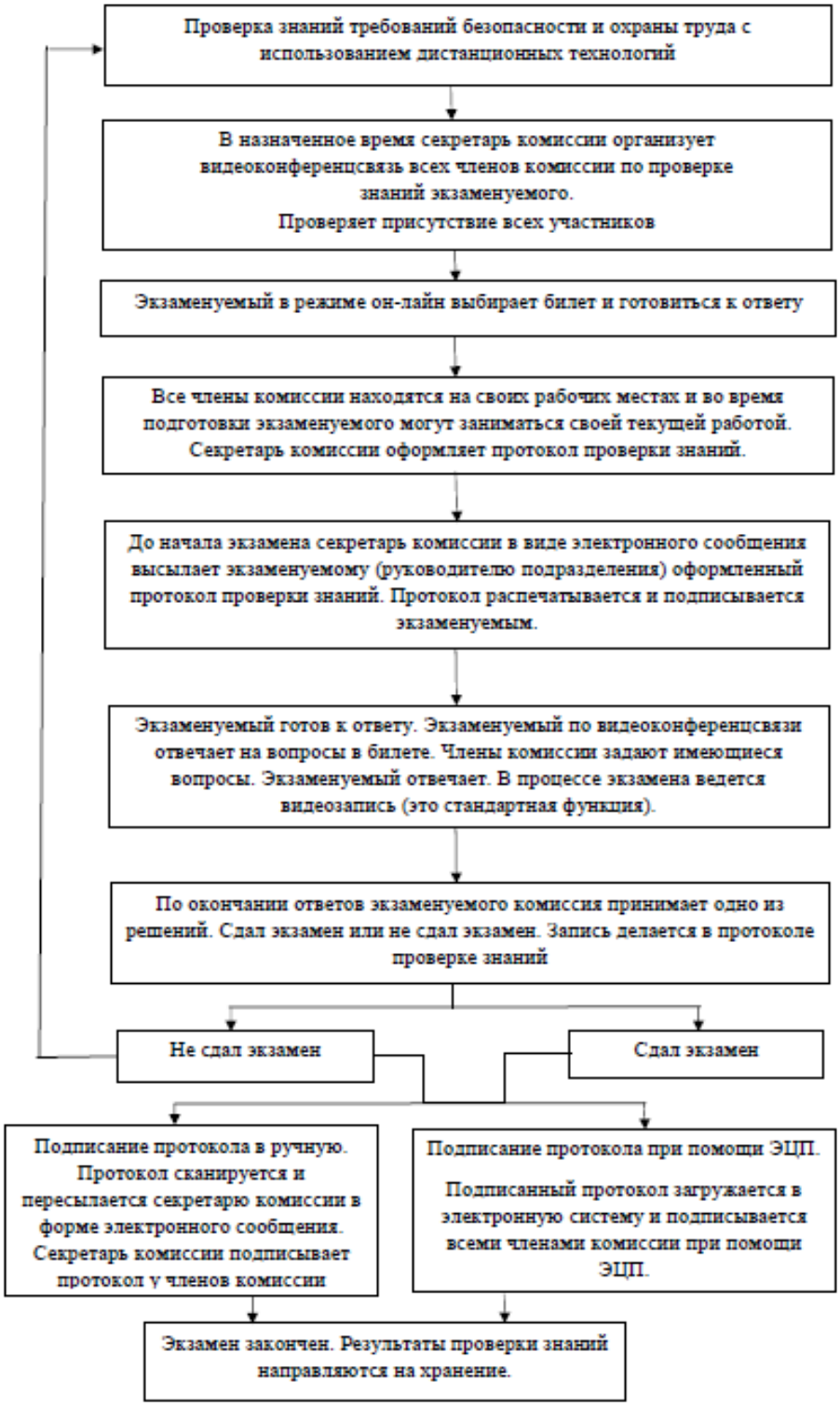


Рис. 3. Алгоритм проведения проверки знаний требований безопасности и охраны труда с использованием дистанционных технологий

Таблица 3

Преимущества и недостатки обучения и проверки знаний, как при личном присутствии работника и членов комиссии, так и при дистанционном

Форма обучения и проверки знаний	Преимущества	Недостатки
Обучение и проверка знаний при личном присутствии работника и членов комиссии	Личное общение более привычно человеку	Более затратный способ в финансовом и временном плане при большой удаленности рабочих мест
Дистанционное обучение и проверка знаний с использованием программного обеспечения, обеспечивающее текстовую, голосовую и видеосвязь через интернет между компьютерами (IP-телефония)	При удаленности экзаменуемых экономия временных, транспортных и трудовых затрат Психологически экзаменуемый находится в более комфортных условиях (у себя в подразделении) Мобильность данного способа. Если один из экзаменуемых в подразделении не достаточно готов к проверке знаний — проверку знаний лично для него можно перенести	Недостаточная практика данной процедуры проверки знаний. Прямо не урегулирована законодательством Сбор подписей и передача протоколов и удостоверений растягивается во времени. Требуется сканер и отправка электронного документа

Выводы. Для внедрения системы дистанционного обучения и проверки знаний требований безопасности и охраны труда работников необходимо эту систему интегрировать индивидуально в каждой конкретной организации. Но общие научно-методические подходы здесь у нас будут следующие:

1. Необходим доступ со всех участков подразделений к видеоприложению, которое есть у всех заинтересованных лиц, например Skype. Следует отметить, это приложение входит в стандартный пакет программного обеспечения Майкрософт для компьютера, а также может быть установлено на любой современный смартфон.

2. Необходимо наличие в подразделении устройства — принтера, который может распечатать протокол и в котором экзаменуемый может расписаться.

3. Необходима возможность сканировать протокол или сфотографировать.

4. Возможно организовывать систему при наличии электронно-цифровых подписей в подразделении.

5. В локальном документе предприятия, в Положении о порядке обучения по охране труда, необходимо внести раздел о том, что допускается проводить проверку знаний требований охраны труда с использованием дистанционных технологий. Прописать способы подписания протоколов проверки знаний, а также порядок документооборота.

Таким образом, предложенный способ обучения и проверки знаний требований безопасности и охраны труда по своей сути не оригинален, так как в Российской и мировой практике дистанционное обучение сильно развивается. Сам же подход в части организации дистанционного обучения и проверки знаний в условиях предприятий различных отраслей и подотраслей России широкого распространения на данный момент не имеет [5, 6, 11—13].

На наш взгляд, для многих предприятий, особенно строительной сферы деятельности, данный способ имеет большой потенциал. Дистанционным способом возможно организовать проведение вводного инструктажа, инструктажа на рабочем месте, проверку знаний требований электробезопасности и другие, так как основная задача внедрения этих разработок — повышение эффективности управления охраной труда и снижение уровня производственного травматизма.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ С ПИСОК

1. Безопасность жизнедеятельности. Часть 1. Организационно-правовые основы охраны труда : учебное пособие / С. Л. Пушенко и др. Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2013. 97 с.

2. *Пушенко С. Л., Стасева Е. В.* Анализ и профилактика производственного травматизма при возведении высотных зданий и выполнении работ на высоте // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 44-2(63). С. 157—165.

3. *Стасева Е. В., Вельченко А. А.* Роль производственного контроля в улучшении условий и охраны труда на предприятии // Строительство и архитектура : материалы научно-технической конференции. Инженерно-строительный факультет. 2017. С. 319—323.

4. *Стасева Е. В., Багян А. Г.* Значение системы обучения и проверки знаний в повышении эффективности управления охраной труда на предприятии // Строительство и архитектура : материалы научно-технической конференции. Инженерно-строительный факультет. 2017. С. 323—327.

5. *Багян А. Г, Стасева Е. В., Пантелеев А. В.* Новые технологии обучения и проверки знаний в системе управления охраной труда // Труды РГУПС. 2018. № 2. С. 17—19.

6. *Багян А. Г.* Роль влияния человеческого фактора при оценке уровня травматизма на предприятии // Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в научной деятельности». 2017. С. 58—59.

7. *Куценко С. М., Косулин В. В.* Электронные образовательные ресурсы как инструмент обучения и повышения качества образования // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество : материалы VII межвузовской конференции, посвященной 70-летию Ю. Г. Назмеева (г. Казань, 21—22 апреля 2016 г.) В 3 томах. Казань : Бриг, 2016. Т. 2. С. 194—198.

8. *Скрипник И. Л., Воронин С. В.* Современные альтернативные подходы обучения в сравнении с традиционными // Научно-аналитический журнал. Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. № 4(37). 2017. С. 46—50.

9. *Куклев В. А., Егорова Т. А.* Электронное обучение на основе СДО Moodle: проблемы, поиски и решения // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2015. Т. 1. № 1(2). С. 552—558.

10. *Акользина Е. А.* Использование электронных образовательных ресурсов в процессе обучения: достоинства, недостатки // Гаудеамус. Тамбов : Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина. 2013. № 2(22). С. 95—97.

11. *Каверзнева Т. Т., Леонова Н. А.* Проблемы перевода учебного процесса в В on-line формат в высшей школе // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 4(208). С. 61—64.

12. Training Higher School Students in Rapid Prototyping Technology as a Final Stage of Their Preparation for Innovative Activities / N. I. Naumkin, G. A. Kondratieva, E. P. Grosheva, V. F. Kupryashkin // Integration of Education. 2018. № 22(3). Pp. 519—534. DOI: 10.15507/1991-9468.092.022.201803.519-534.

13. *Исупова Н. И., Суворова Т. Н.* Использование электронных образовательных ресурсов для реализации активных и интерактивных форм и методов обучения // Концепт. 2014. Т. 26. С. 136—140. URL: http://e-koncept.ru/2014/64328.htm.

© Сенченко В. А., Пушенко С. Л., Стасева Е. В., Каверзнева Т. Т., Румянцева Н. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Научно-методические основы проведения дистанционного обучения и проверки знаний по безопасности труда в строительстве / В. А. Сенченко, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева, Т. Т. Каверзнева, Н. В. Румянцева // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 126—137.

Об авторах:

Сенченко Владимир Александрович — ведущий специалист по охране труда, Волгоградский филиал ПАО «Ростелеком»; Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Гоголя, 6, vladimir.senchenko@rambler.ru

Пушенко Сергей Леонардович — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности технологических процессов и производств, Донской государственный технический университет; Российская Федерация, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, psl@rgsu.ru

Стасева Елена Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности технологических процессов и производств, Донской государственный технический университет; Российская Федерация, 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, elena_staseva@mail.ru

Каверзнева Татьяна Тимофеевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, kaverztt@mail.ru

Румянцева Нина Вячеславовна — канд. техн. наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; Российская Федерация, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, rumyantseva_nina@mail.ru

Vladimir A. Senchenko[a], Sergei L. Pushenko[b], Elena V. Staseva[b], Tat'yana T. Kaverzneva[c], Nina V. Rumyantseva[c]

[a] Volgograd branch of PAO Rostelekom
[b] Don State Technical University
[c] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASIS FOR REMOTE TRAINING AND TESTING OF KNOWLEDGE ON LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

The article considers the scientific and methodological basis in the organization of the system of training and testing of knowledge on labor safety in organizations that have geographically remote sites and branches. The advantages and disadvantages of various ways of training and testing knowledge on labor safety are presented. The article proposes an algorithm for organizing training and checking the knowledge of workers using remote technologies. Opportunities and ways to implement distance learning and knowledge testing in each specific organization are discussed.

Key words: labor safety, training, instruction, knowledge testing, distance learning and knowledge testing.

For citation:

Senchenko V. A., Pushenko S. L., Staseva E. V., Kaverzneva T. T., Rumyantseva N. V. [Scientific and methodological basis for remote training and testing of knowledge on labor safety in construction]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 126—137.

About authors:

Vladimir A. Senchenko — Leading Expert in Labour Safety, Volgograd branch of PAO Rostelekom. 6, Gogolya St., Volgograd, 400131, Russian Federation, vladimir.senchenko@rambler.ru

Sergei L. Pushenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Engineering Processes and Productions Safety Department, Don State Technical University. 162, Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation, psl@rgsu.ru

Elena V. Staseva — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Engineering Processes and Productions Safety Department, Don State Technical University. 162, Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation, elena_staseva@mail.ru

Tat'yana T. Kaverzneva — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Health and Safety Department, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29, Polytechnicheskaya St., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation, kaverztt@mail.ru

Nina V. Rumyantseva — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29, Polytechnicheskaya St., Saint Petersburg, 195251, Russian Federation, rumyantseva_nina@mail.ru

УДК 628.4

В. Н. Азаров, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, И. М. Статюха

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ИХ НАКОПЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Исследована динамика накопления ТКО в зависимости от категории объекта и времени года на примере Республики Дагестан. Установлены средние нормативы накопления ТКО по рассматриваемым категориям объектов за сутки, а также среднесезонные и среднегодовые. Выявлены перечни категорий объектов, имеющих минимальный и максимальный диапазон изменения значений коэффициента отношения к среднесезонным в зависимости от смены времени года, с учетом чего следует корректировать периодичность вывоза ТКО.

Ключевые слова: накопление отходов, твердые коммунальные отходы, норматив образования ТКО, категория объектов, среднесезонный норматив, среднегодовой норматив.

Экологическая безопасность урбанизированной территории в значительной степени определяется соответствием проводимой политики в области обращения с отходами предъявляемым нормативным требованиям[1] [1—11].

Современным законодательством в области обращения с отходами регламентируется целый ряд понятий, в том числе твердые коммунальные отходы (ТКО), норматив накопления ТКО.

Твердые коммунальные отходы — это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическим лицами в жилых помещениях для удовлетворения личных и бытовых нужд. К ТКО также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами[2].

Под накоплением отходов понимается складирование отходов на срок не более чем одиннадцать месяцев в целях их дальнейшей обработки, утилизации, обезвреживания, размещения.

Норматив накопления твердых коммунальных отходов — это среднее количество твердых коммунальных отходов, образующихся в единицу времени[3].

---

[1] Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» URL: www.consultant.ru/document.

Федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «О внесении изменений в Федеральный закон „Об отходах производства и потребления“». URL: www.base.garant.ru/7083116.

[2] Федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ (ред. от 29.12.2015) «О внесении изменений в Федеральный закон „Об отходах производства и потребления“». URL: www.base.garant.ru/7083116.

Постановления Правительства РФ от 4 апреля 2016 №269 «Об определении нормативов накопления твердых коммунальных отходов». URL: http3.//legalaes.ru.

[3] Там же.

На величину норматива накопления ТКО влияет целый ряд факторов, например природные и географические условия, характеристика застройки, степень благоустройства территории, время года, день недели и т. д.

Были проведены натурные исследования процесса накопления отходов от различных объектов, находящихся на территории Республики Дагестан.

В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Республики Дагестан от 06.12.2016 № 469 «Об утверждении временных нормативов накопления твердых коммунальных отходов»[4] были установлены группы муниципальных образований, на территории которых были проведены натурные исследования: группа «а», где преобладающей отраслью является сельское хозяйство, группа «б», где преобладающими отраслями являются химическая, обрабатывающая, добывающая и прочие виды промышленности, группа «в» — муниципальные образования, где большая площадь территории занята особо охраняемыми территориями, рекреационными и лесными зонами. Всего выделено 11 групп.

Например, к группе «а» относится сельское поселение Бамматюрт Хасавюртовского муниципального района (численность населения 4932 чел.), к группе «б» — г. Дербент, население 123 182 чел., к группе «в» с. Тлярата Тляратинского муниципального района, население 1200 чел.

Натурные исследования проводили в весенний, летний, осенний и зимний периоды года.

Нормативы накопления отходов определяли для 43 категорий объектов, выборочный перечень которых дан в табл. 1.

Таблица 1

Выборочный перечень категорий объектов для установления нормативов накопления ТКО

№	Наименование объектов	Расчетная единица
1	2	3
1	Благоустроенные многоквартирные дома и индивидуальные жилые дома	На 1 жителя
2	Автомобильные заправочные станции	На 1 машино-место
3	Гостиницы	На 1 койко-место
4	Продовольственные магазины	На 1 м^2 общей площади
5	Вокзалы, автовокзалы	На 1 м^2 общей площади
6	Садоводческие кооперативы	На 1 м^2 общей площади
7	Туристические базы	На 1 м^2 общей площади

Натурные исследования проводили по методике[5]. Основными показателями при определении нормативов накопления ТКО являются масса и объем.

Объем накопленных отходов в случае вывоза отходов и опустошения емкости в часы начала рассчитываемых суток V_0^c определяли по формуле:

[4] URL: expert.poisk.ru.

[5] Методические рекомендации по вопросам, связанным с определением нормативов накопления твердых коммунальных отходов (Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 524/пр от 28 июля 2016 г.). URL: www https:/doc plan.ru.

$$V_0^{\text{с}} = N\frac{V_{\text{Е}}}{100}\ , \tag{1}$$

где N — наполненность контейнера, %; $V_{\text{Е}}$ — объем емкости.

Если вывоз отходов отсутствовал, то использовалась формула:

$$V_0^{\text{с}} = N\frac{V_{\text{Е}}}{100}\ - V_0^{\text{ПС}}\ , \tag{2}$$

где $V_0^{\text{ПС}}$ — объем отходов, накопленных за предыдущие сутки.

Масса накопленных отходов в случае вывоза отходов и опустошения емкости в часы начала рассчитываемых суток $M_0^{\text{с}}$ определялась по формуле:

$$M_0^{\text{с}} = M_{\text{ОЕ}} - M_{\text{Е}}\ , \tag{3}$$

где $M_{\text{Е}}$ — масса емкости, кг.

При отсутствии вывоза отходов:

$$M_0^{\text{с}} = M_{\text{ОЕ}} - M_{\text{ОЕ}}^{\text{ПС}}\ , \tag{4}$$

где $M_{\text{ОЕ}}^{\text{ПС}}$ — масса отходов с учетом емкости предыдущего дня.

Полученные значения нормативов накопления ТКО по сезонам года представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние нормативы накопления ТКО по периодам года

Категория объекта	Средние нормативы накопления ТКО за сутки, $\frac{\text{м}^3/\text{сут.}}{\text{кг/сут.}}$			
	зима	осень	лето	весна
1	2	3	4	5
Благоустроенные многоквартирные дома и индивидуальные жилые дома	0,005152 / 0,488202	0,005363 / 0,435757	0,002296 / 0,321329	0,008287 / 0,607783
Автомобильные заправочные станции	0,005741 / 0,795352	0,005628 / 0,418981	0,003252 / 0,239148	0,006717 / 0,465583
Гостиницы	0,005011 / 0,715774	0,005974 / 0,509637	0,003199 / 0,350093	0,005924 / 0,450376
Продовольственные магазины	0,003243 / 0,156465	0,003181 / 0,114756	0,003789 / 0,160146	0,004374 / 0,418882
Вокзалы, автовокзалы	0,000477 / 0,078422	0,000322 / 0,033278	0,000405 / 0,037785	0,000373 / 0,038923
Садоводческие кооперативы	0,000000 / 0,000000	0,000003 / 0,000283	0,000025 / 0,002375	0,000313 / 0,029903
Туристические базы	0,000023 / 0,002473	0,000053 / 0,006093	0,000057 / 0,005983	0,00060 / 0,006557

На основании полученных значений определены среднесезонные и среднегодовые значения нормативов (табл. 3).

Таблица 3

Среднесезонные и среднегодовые значения нормативов для выборочного перечня категорий объектов

Категория	Средний норматив (на расч. ед.), $м^3$/год, среднесезонное значение / среднегодовое значение	Средний норматив (на расч. ед.), кг/год, среднесезонное значение / среднегодовое значение
1	2	3
Благоустроенные многоквартирные дома и индивидуальные жилые дома	0,005441 / 1,986	0,463268 / 169,093
Автомобильные заправочные станции	0,005334 / 1,947	0,479766 / 175,115
Гостиницы	0,005027 / 1,835	0,506470 / 184,865
Продовольственные магазины	0,003647 / 1,331	0,212562 / 77,585
Вокзалы, автовокзалы	0,000394 / 0,144	0,047102 / 17,192
Садоводческие кооперативы	0,000085 / 0,031	0,008150 / 2,975
Туристические базы	0,000048 / 0,018	0,005277 / 1,926

На основе сопоставления показателей нормативов накопления ТКО по каждому исследуемому периоду со среднесезонными нормативами были определены категории объектов, имеющих наибольший коэффициент отношения к среднесезонным (выше среднесезонных) (табл. 4) и категории объектов, имеющих наименьший коэффициент отношения к среднесезонным (ниже среднесезонных) (табл. 5).

Таблица 4

Выборочный перечень категорий объектов, имеющих наибольший коэффициент отношения к среднесезонным (выше среднесезонных)

№	Наименование категории объекта	Время года
1	Садоводческие кооперативы	Весна
2	Благоустроенные многоквартирные и индивидуальные жилые дома	Весна

Таблица 5

Выборочный перечень категорий объектов, имеющих наименьший коэффициент отношения к среднесезонным (ниже среднесезонных)

№	Наименование категории объекта	Время года
1	Садоводческие кооперативы	Зима
2	Туристические базы	Осень
3	Благоустроенные многоквартирные и индивидуальные жилые дома	Лето

На основании проведенных исследований установлены перечни категорий объектов, имеющих минимальный (табл. 6) и максимальный (табл. 7) диапазон изменения значений коэффициента отношения к среднесезонным в зависимости от смены времени года.

Таблица 6

Перечень категорий объектов, имеющих максимальный диапазон изменения значений коэффициента в зависимости от смены периода года

№	Наименование категории объекта
1	Садоводческие кооперативы
2	Концертные залы, публичные библиотеки
3	Гаражные кооперативы
4	Вузы, техникумы
5	Школы
6	Пляжи
7	Детские сады и ясли
8	Спортивные здания и сооружения
9	Бани, сауны
10	Благоустроенные многоквартирные и индивидуальные жилые дома

Таблица 7

Перечень категорий объектов, имеющих минимальный диапазон изменения значений коэффициента в зависимости от смены периода года

№	Наименование категории объекта
1	Ремонт бытовой техники
2	Автомастерские
3	Ремонт очков, ключей, услуги по ксерокопированию
4	Гостиницы
5	Автостоянки
6	Оптовые базы, склады промышленных товаров
7	Мастерские по ремонту обуви
8	Парикмахерские
9	Автомобильные заправочные станции
10	Рынки

По категориям, имеющим максимальный диапазон изменений значений в зависимости от смены года, следует корректировать периодичность вывоза ТКО в течение года.

На основании проведенных исследований было установлено, что необходимо уточнить классификацию категорий объектов жилого фонда. В настоящее время приняты две категории: благоустроенные многоквартирные и индивидуальные жилые дома; неблагоустроенные, благоустроенные многоквартирные и индивидуальные жилые дома. В ходе работ возникали сложности при отнесении объектов жилого фонда к благоустроенным или к неблагоустроенным. Такая классификация требует сбора детальных сведений и не может зависеть только лишь от наличия инженерных коммуникаций на объектах. Целесообразнее было бы классифицировать объекты жилого фонда следующим образом: многоквартирные дома, индивидуальные жилые дома.

Кроме того, было установлено отсутствие полноценных объектов категории дома быта: обслуживание населения. Деятельность по обслуживанию населения не осуществляется комплексно, а в основном организациями специализированной направленности. К категории дома быта «Торговые площади» при проведении работ отнесли торговые комплексы. Поэтому целесообразно исключить из рассмотрения категорию объектов дома быта «Обслуживание населения», а также переименовать категорию дома быта «Торговые площади» в категорию «Торговые комплексы».

Выводы:

1. Исследована динамика накопления ТКО в зависимости от категории объекта, времени года на примере Республики Дагестан.

2. Установлены средние нормативы накопления ТКО по рассматриваемым категориям объектов за сутки, а также среднесезонные и среднегодовые.

3. Выявлены перечни категорий объектов, имеющих минимальный и максимальный диапазон изменения значений коэффициента отношения к среднесезонным нормативам в зависимости от смены времени года, с учетом чего следует корректировать периодичность вывоза ТКО в течение года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гутенев В. В.* Экология города. М. ; Волгоград : ПринТерра-Дизайн, 2014. 436 с.

2. Динамика образования и накопления отходов производства и потребления в курортных городах (на примере города Сочи) / В. И. Сметанин, С. П. Красовская, Е. В. Щекудов, Л. А. Воробьев // Природообустройство. 2012. № 1. С. 13.

3. Исследование нормы образования твердых бытовых отходов в городе Сосновый Бор Ленинградской области / Н. А. Кораблев, О. Н. Шишова // Технико-технологические проблемы сервиса. 2013. № 1(23). С. 73.

4. *Lowe P., Whitman G.* Ecology and the social sciences // Applied Ecology. 2009. № 46. Pp. 297—305.

5. Packaging waste recycling in Europe: Is the industry paying for it? / R. C. Marques, N. F. da Cruz, S. Ferreira, M. Cabral etc. // Waste Management. 2014. № 34. Pp. 298—308.

6. Economic viability of packaging waste recycling systems: A comparison between Belgium and Portugal / R. C. Marquesd, N. F. da Cruz, P. Simxesa, S. F. Ferreiraa // Resources, Conservation and Recycling. 2014. № 85. Pp. 22—33.

7. *Al-Fahide A. A.* A strategy for waste management in Yemen // Almoatmr J. Yemen, 2003. Pp. 2.

8. Abd Al-Wahab. A Technology to recycle waste. Yemen, 2008. Pp. 2.

9. Cope C., Fuller W., Willetts S. The Scientific Management of Hazardous Wastes. Cambridge, 1983. 13 p.

10. *Thomanetz E., Parasaran O.* Rapid analysis methods for special wastes // Chemical Waste Handlinq and Treatmeat. Berlin : Sprinqer Veriaq, 1985. Pp. 69—88.

11. *Johnson L., James R.* Sampling and analyses of hazardous wastes // Standart Handbook of Hazard ous Waste Treatment and Disposal. Ed. H. Freeman. N. Y. : Ete., 1988. Pp. 13.3—13.43.

© Азаров В. Н., Азаров А. В., Мензелинцева Н. В., Статюха И. М., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Исследование процесса накопления твердых коммунальных отходов и установление нормативов их накопления на примере Республики Дагестан / В. Н. Азаров, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, И. М. Статюха // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 138—144.

Об авторах:

Азаров Валерий Николаевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ptb2006@mail.ru

Азаров Артем Викторович — канд. техн. наук, заведующий научной лабораторией кафедры безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, artazarov@mail.ru

Мензелинцева Надежда Васильевна — д-р техн. наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Статюха Иван Михайлович — аспирант 1-го курса, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, iv-stat@mail.ru

Valerii N. Azarov, Artem V. Azarov, Nadezhda V. Menzelitseva, Ivan M. Statyukha

Volgograd State Technical University

RESEARCH OF THE PROCESS OF STORAGE OF SOLID COMMUNAL WASTE AND SETTING OF THE STANDARDS FOR THEIR STORAGE ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

The dynamics of MSW accumulation was studied depending on the category of the facility, time of year using the example of the Republic of Dagestan. The average standards for the accumulation of MSW for the considered categories of objects per day, as well as the seasonal and annual average, were established. Lists of categories of objects having the minimum and maximum range of changes in the ratio of the relation to the average seasonal depending on the change of season are revealed, taking into account which the frequency of MSW transportation should be adjusted.

K e y w o r d s: waste accumulation, municipal solid waste, MSW education standard, category of objects, average seasonal standard, average annual standard.

For citation:

Azarov V. N., Azarov A. V., Menzelintseva N. V., Statyukha I. M. [Research of the process of storage of solid communal waste and setting of the standards for their storage on the example of the Republic of Dagestan]. *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], 2020, iss. 2, pp. 138—144.

About authors:

Valerii N. Azarov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ptb2006@mail.ru

Artem V. Azarov — Candidate of Engineering Sciences, Head of University Laboratory of Health and Safety in Construction and Municipal Services Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, artazarov@mail.ru

Nadezhda V. Menzelitseva — Doctor of Enineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation

Ivan M. Statyukha — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, iv-stat@mail.ru

УДК 614.894.3

О. Н. Маринина[а], Н. Ю. Ермилова[а], Н. Ю. Карапузова[а], Е. А. Маринина[б]

[а] Волгоградский государственный технический университет
[б] Волгоградский государственный аграрный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛАВЛИВАНИЯ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ВЫБРОСОВ ПРОИЗВОДСТВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

Для повышения эффективности улавливании выбросов предприятий строительной индустрии от кислых газов разработан сорбционно-фильтрующий материал для рукавных фильтров. Проведены экспериментальные исследования закономерностей улавливания фтористого водорода разработанным материалом в динамических и статических условиях.

Ключевые слова: фильтрующий элемент, сорбционно-фильтрующие материалы, ПДК (предельно-допустимая концентрация), время защитного действия.

Экологическая безопасность урбанизированных территорий в большой степени определяется состоянием атмосферного воздуха [1]. Значительная часть загрязнений поступает в атмосферу с выбросами предприятий строительной индустрии, которые являются многокомпонентными и содержат в своем составе как пыль, так и газообразные вредные вещества.

Для очистки выбросов предприятий часто используют рукавные фильтры, их эффективность очистки в значительной мере определяется материалом пористой перегородки, в качестве которой традиционно используют иглопробивные материалы. Для повышения защитных свойств фильтрующих элементов рукавных фильтров по кислым газам разработан нетканый материал [2, 3, 4].

Иглопробивной материал состоит из двух слоев: 1-й слой — из анионообменных поликапроамидных модифицированных волокон; 2-й слой — из гидрофильного модифицированного хлопкоподобного вискозного волокна [1, 5—7]. Соотношение слоев по массе составляет соответственно 1:(0,7…0,3). В качестве анионообменного волокна используется волокно на основе привитого сополимера поликапроамида и полидимитиламиноэтилметакрилата (КМ-А1) [2, 3, 5]. В таблице 1 приведены показатели структуры материала.

Исследована поровая структура материала. Микропоровую структуру нетканых материалов исследовали методами термограмм сушки и по методу изотерм сорбции — десорбции. Макропоровую структуру изучали методом капиллярного поднятия жидкости. По результатам исследований были построены дифференциальные и интегральные кривые распределения пор по размерам. Интегральные кривые характеризуют суммарную впитываемость влаги макропорами материала и общий объем макропор в материале, а дифференциальные кривые определяют диапазон макропор и размер пор, наиболее часто встречающихся в ионите.

Анализ кривых показал, что основной объем порового пространства образуют микропоры размером (5…25) · 10^4 мкм и макропоры размером (250…630) мкм.

Таблица 1

Показатели структуры фильтрующих иглопробивных материалов

№ вар	Содержание анионо-обменного волокна, %	Поверхностная плотность, г/м^2	Неровнота по массе, %	Толщина, мм	Объемная плотность, г/м^3	Общая пористость, %
1	2	3	4	5	6	7
1	210	300 ÷ 10	4,3	14,6	0,094	92,0
2	180	300 ÷ 10	4,2	14,6	0,100	91,7
3	150	300 ÷ 10	4,2	14,7	0,096	91,5
4	120	300 ÷ 10	4,2	14,7	0,096	91,5
5	90	300 ÷ 10	4,2	14,7	0,096	91,5

В таблице 2 приведены показатели основных свойств разработанного материала. Анализ приведенных данных показал, что материал обладает высоким временем защитного действия, значительной воздухопроницаемостью и гигроскопичностью.

Таблица 2

Свойства иглопробивных материалов

№	Общая масса слоев, гр/м^2	Масса слоя ионо-обменного волокна, г/м^2	Масса слоя вискозного волокна, г/м^2	Время защитного действия, час	Разрывная нагрузка (Н) по длине и ширине		Жест-кость при изгибе по длине и ширине		Воздухо-проницае-мость, дм^2/м^2	Гигро-скопич-ность, %
1	300	210	90	30	120	140	6,5	6,7	250	9,5
2	300	180	120	26	115	100	7,8	8,2	210	9

Время защитного действия, под которым понимается время увеличения концентрации аэрозоля за материалом до 1 ПДК, является одним из наиболее важных показателей сорбционно-фильтрующих материалов. Эффективность использования материала в газоочистной технике оценивают также по времени проскока, т. е. появления аэрозоля за слоем сорбента, а также по времени насыщения, когда происходит выравнивание концентрации газа на входе в материал и на выходе из него [5, 6]. Значения показателей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Физико-химические свойства сорбционно-фильтрующих материалов

№	Время, час			Воздухо-проницаемость, дм^3/м^2	Нормальная влажность, %
	до проскока HF	защитного действия по HF	до насыщения HF		
1	2	3	4	5	6
1	1,7	21,6	22,5	230	6,0
2	1,7	21,9	22,8	236	6,1
3	1,8	23,4	24,8	240	6,0
4	1,7	23,0	25,2	243	6,1

Анализ приведенных данных показывает, что разработанные материалы обладают высоким временем защитного действия, достаточно хорошими показателями проницаемости. Введение в состав сорбента гидрофильного модифицированного хлопкоподобного вискозного волокна повышает защитные и гигиенические свойства материала. Наличие в составе материала гидрофильного волокна повышает общую влажность, за счет чего происходит дополнительное набухание ионообменных волокон, повышается их удельная поверхность и, соответственно, поверхность контакта с сорбируемым газом. Следовательно, увеличивается количество поглощенного вещества, повышается время защитного действия по очищаемому газу [2, 5, 6].

Проведены экспериментальные исследования закономерностей улавливания фтористого водорода разработанным материалом в динамических условиях. Динамическую активность (ДА) выражали отношением количества поглощенного сорбентом газа до проскока или до насыщения к его статической обменной емкости (СОЕ).

В таблице 4 приведены экспериментальные данные по зависимости динамической активности от концентрации фтористого водорода в ГВС.

Таблица 4

Зависимость сорбционных характеристик от концентрации HF в ГВС

Концентрация HF, мг/м^3	Время, мин		Количество сорбированного HF; мг/г сухого сорбента		Эффективность поглощения, %
	до проскока	до насыщения	до проскока	до насыщения	
1	2	3	4	5	6
0,6	83	972	15,97	108,39	265,70
1,4	37	488	16,69	127,72	348,41
2,5	18	244	17,19	151,89	415,00
3,7	15	227	18,91	169,12	461,62
6,0	11	135	25,18	179,72	491,04

Примечание: влажность ГВС $\varphi_{ГВС}$ = 65 %; влагосодержание сорбента $\varphi_{сор}$ = 5,7 %; скорость пропускания ГВС $V_{ГВС}$ = 3 см/с; высота слоя сорбента H = 4,5 мм.

На рисунке 1 показана зависимость ДА от высоты слоя сорбента, анализ которой показал, что при увеличении толщины слоя ДА сначала возрастает, а затем остается практически постоянной. На рисунке 2 показана зависимость скорости поглощения от времени сорбции. Уменьшение скорости сорбции с течением времени можно объяснить увеличением толщины диффузионного слоя.

Анализ зависимости времени защитного действия τ от высоты слоя сорбента H при улавливании фтористого водорода (рис. 3) позволил сделать вывод о том, что полученную зависимость можно описать известным уравнением динамики сорбции Шилова [2, 5], которое для случая $H > H_0$ имеет вид:

$$\tau = k\,H_0 - \tau_0, \qquad (1)$$

где H_0 — длина работающего слоя сорбента, см; τ_0 — потеря времени защитного действия; k — коэффициент защитного действия, k = 5,8 (мин./см).

Зависимость времени защитного действия от высоты слоя представлена на рис. 3.

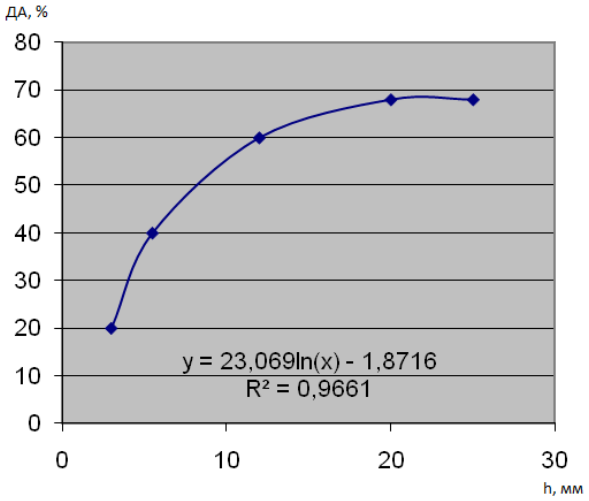


Рис. 1. Зависимость динамической активности ионита от высоты слоя сорбента при концентрации HF в ГВС 2,5 мг/м^3, скорости пропускания ГВС 3 см/с, температуре ГВС 25 °С, исходном влагосодержании сорбента 5,5 %

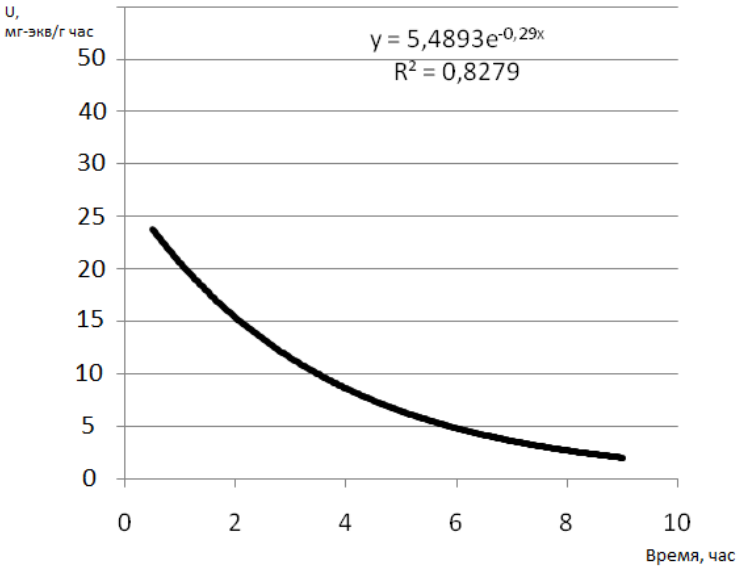


Рис. 2. Зависимость скорости поглощения фтористого водорода от времени сорбции

Для описания процессов поглощения HF разработанным сорбентом использовали изотермическую модель адсорбции:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + u\frac{\partial c}{\partial x} + \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}\right)\frac{\partial a}{\partial \tau} = 0. \quad (2)$$

$$\frac{\partial a}{\partial \tau} = \beta_0\left[C - C_{\text{равн}}(a)\right]. \quad (3)$$

$$a = f(C)_\tau. \quad (4)$$

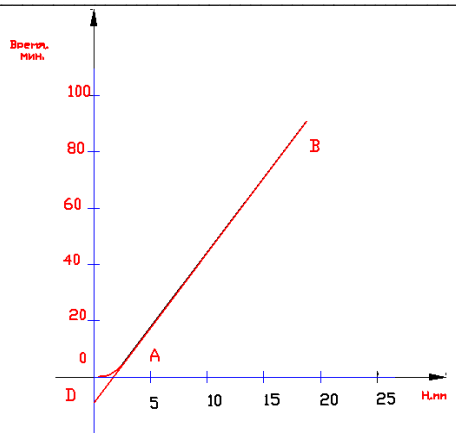


Рис. 3. Зависимость времени защитного действия от высоты слоя при концентрации HF 2,5 мг/м^3, скорости пропускания ГВС 3 см/с, исходном влагосодержании образца 5,5 %, температуре ГВС 25 °С, влажности ГВС 65 %

Граничные и начальные условия математической модели при первоначально незаполненном слое следующие:

при $\tau = 0$ $C(0, x) = 0$, $a(0, x) = 0$. (5)

при $\tau > 0$ $C(\tau, 0) = C_0$, $a(\tau, 0) = f(\tau)$, $x = 0$ (6)

Для решения рассматриваемой системы уравнений введем переменную:

$$z = x - \lambda\tau, \tag{7}$$

где λ — скорость движения границы сорбции, м/с.

Решение уравнений (3—5) имеет вид:

$$C_H = C_0 - \frac{\partial G}{\partial \tau}\frac{H\sigma}{\varepsilon F(u-\lambda)m_S}; \tag{8}$$

$$\beta_0 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}\frac{(U-\lambda)}{H}; \tag{9}$$

$$\lambda = U\frac{C_0}{C_0 + a_0}. \tag{10}$$

Значение a_0 находилось по формуле:

$$a_0 = C_0 \cdot (KU_n - 1) = C_0\left(\frac{5,4893e^{-0,29x}}{G \cdot C_0} - 1\right), \tag{11}$$

где K — коэффициент защитного действия, определенный из уравнения:

$$K = \frac{\text{ДА}}{G \cdot C_0} = \frac{5,4893e^{-0,29x}}{G \cdot C_0}, \tag{12}$$

где G — расход ГВС.

Скорость U_n можно определить из уравнения Дарси:

$$U_n = \frac{k\Delta P_{\text{ТК}}}{\mu h_{\text{ион}}}, \tag{13}$$

где U_n — скорость газа в канале пористой среды, м/с; $\Delta P_{\text{ТК}}$ — перепад давления на участке пористого элемента, Па; μ — вязкость газа, Па·с; $h_{\text{ион}}$ — толщина пористого сорбирующего элемента, м; k — коэффициент пропорциональности, характеризующий абсолютную проницаемость среды, принимаемый для идеального учета равным:

$$k = \frac{n_{\text{э}} d_{\text{ср}}^2}{32}, \tag{14}$$

с учетом строения материала, его поровой структуры:

$$d_{\text{ср}} = \left(\frac{32\mu h_{\text{ион}} k_{\text{н}} \overline{V}}{\Delta P_{\text{ТК}} n_{\text{э}}^2} \right)^{0,5}. \tag{15}$$

Скорость поглощения газа, то есть количество поглощенного газа, отнесенное к массе адсорбента, (I) в единицу времени или скорость поглощения газа U_{nr} можно определить по формуле:

$$U_{nr} = \frac{I}{t} = \frac{M_{\text{Г}}}{M_{\text{ТК}}} = \frac{V_a \cdot C \cdot F_{\text{фильт}}}{F_{\text{тк}} \cdot \rho_{\text{тк}} \cdot h_{\text{ион}}}, \tag{16}$$

где $M_{\text{Г}}$ — масса поглощенного газа, $M_{\text{тк}}$ — масса чистого сорбента.

Скорость газа, обусловленная процессом адсорбции, с учетом пористости и удельной поверхности рассчитывается по формуле:

$$V_a = \frac{4U_{nr} F_{\text{ТК}} \rho_{\text{ТК}}}{\pi \overline{C} S_{\text{УД}} k_{\text{И}} d_{\text{В}}^2}. \tag{17}$$

Тогда определенную за время $t_{\text{к}}$ скорость газа, обусловленную процессом адсорбции, находим по формуле:

$$\begin{aligned} \overline{V_a} &= [\frac{4m_{\text{ТК}} \Delta P_{\text{ТК}}}{\pi \overline{C} S_{\text{УД}} d_{\text{В}}^2} \frac{1}{t_{\text{К}}} \int_0^{tk} U_{nr}(t,a)dt = \frac{4F_{\text{ТК}} \rho_{\text{ТК}}}{\pi \overline{C} S_{\text{УД}} k_{\text{И}} d_{\text{В}}^2} \int_0^{tk} 5,4893 e^{-0,29x} dt = \\ &= \frac{20F_{\text{ТК}} \rho_{\text{ТК}}}{\pi \overline{C} S_{\text{УД}} k_{\text{И}} d_{\text{В}}^2} \cdot \left(e^{-0,29x} - 1 \right) \end{aligned} \tag{18}$$

Известно, что процесс поглощения фтористого водорода анионитами группы КМ можно определить как ионообменную сорбцию фтористого водорода и образование ассоциатов HF за счет водородных связей как привитых цепей, так и поликапроамидной основы. Поэтому иониты типа КМ могут достаточно эффективно работать в периодическом режиме сорбции, что можно соотнести с периодами регенерации рукавных фильтров [8].

Для оптимизации структуры и свойств фильтрующего материала проведен эксперимент по плану B_3. В качестве параметров оптимизации были вы-

браны: Y_1 — время защитного действия по HF, час; Y_2 — воздухопроницаемость, дм^3/м^2 · с) [5—7].

В качестве варьируемых факторов были приняты: $X_1(C)$ концентрация фтористого водорода, мг/м^3; $X_2(h)$ — толщина материала, мм; $X_3(n)$ — число смен работы до регенерации сорбента.

В результате реализации эксперимента и его обработки получены адекватные уравнения (проверка на адекватность осуществлялась по критерию Фишера), которые с учетом значимых коэффициентов (значимость коэффициентов проверяли по критерию Стьюдента) имеют вид в кодированных величинах:

$$Y_1 = 29{,}01 + 11{,}22x_3 - 4{,}54\,x_3^2\,. \tag{19}$$

$$Y_2 = 427{,}57 + 14{,}57x_2 - 172{,}07x_3 - 32{,}38x_1x_2 - 31{,}66x_2x_3 + 55{,}66\,x_2^2\,. \tag{20}$$

и в именованных:

$$Y_1 = 29{,}01 + 11{,}22\left(\frac{h-4}{2}\right) - 4{,}54\left(\frac{h-4}{2}\right)^2 = -11{,}61 + 14{,}7h - 11{,}3h^2\,. \tag{21}$$

$$\begin{aligned} Y_2 = {} & 427{,}57 + 14{,}57\left(\frac{n-14}{4}\right) - 172{,}07\left(\frac{h-4}{2}\right) - 32{,}38\left(\frac{N-50}{20}\right)\left(\frac{n-14}{4}\right) - \\ & - 31{,}66\left(\frac{n-14}{4}\right)\left(\frac{h-4}{2}\right) + 55{,}66\left(\frac{n-14}{4}\right)^2. \end{aligned} \tag{22}$$

Анализ полученных закономерностей позволил сделать вывод о том, что на эффективность улавливания фтористого водорода оказывают влияние все рассматриваемые факторы, на воздухопроницаемость преимущественно влияет толщина материала. Проведена оптимизация структуры и свойств разработанного материала методом наложения сечений поверхностей отклика. Найдены оптимальные параметры: концентрация фтористого водорода в ГВС 5 мг/м^3, толщина материала — 10…12 мм, количество смен до регенерации — 15—18.

Выводы:

1. Для повышения эффективности улавливании выбросов предприятий строительной индустрии от кислых газов разработан сорбционно-фильтрующий материал для рукавных фильтров. Проведены экспериментальные исследования закономерностей улавливания фтористого водорода разработанным материалом в динамических и статических условиях.

2. Уточнена математическая модель для описания процесса поглощения фтористого водорода сорбционно-фильтрующим элементом рукавного фильтра в виде нетканого иглопробивного материала из ионообменного поликапроамидного волокна и хлопкоподобного высокомодульного модифицированного вискозного волокна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маринина О. Н.* Охрана труда на предприятиях строительной индустрии : сборник // Проблемы развития предприятий: теория и практика : сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 62—65.

2. *Маринина О. Н., Мензелинцева Н. В.* Исследование защитных свойств респираторов типа «Снежок-ГП-В» при проведении сварочных работ // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 24(43). С. 77—81.

3. *Маринина О. Н., Мензелинцева Н. В.* Оценка защитных свойств сорбционно-фильтрующих материалов // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона : IV Российская научно-техническая конференция с международным участием. 2011. С. 173—175.

4. *Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н., Фомина Е. О.* Исследование защитных свойств универсальных респираторов типа «Снежок» // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сборник материалов и науч. тр. инженеров-экологов. Волгоград : ВолгГАСУ, 2009. С. 69—72.

5. *Маринина О. Н.* Совершенствование средств индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков арматурных цехов завода ЖБИ : дисс… канд. техн. наук. Волгоград, 2012.

6. *Мензелинцева Н. В., Фомина Е. О., Маринина О. Н.* Оценка свойств противогазовых волокнистых сорбционно-фильтрующих элементов респираторов и респираторных установок // УШ Международная конференция. 2010. С. 26—27.

7. *Мензелинцева Н. В., Маринина О. Н.* Анализ эффективности использования средств индивидуальной защиты органов дыхания в строительной промышленности // Окружающая среда и здоровье : материалы Международной научно-практической конференции. Пенза, 2009. С. 77—80.

8. *Маринина О. Н., Мензелинцева Н. В.* Исследование эффективности защиты респираторов типа «Снежок-ГП-В» с фильтрующим элементом из ионообменного материала по твердым составляющим сварочного аэрозоля // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 27(46). С. 111—113.

© Маринина О. Н., Ермилова Н. Ю., Карапузова Н. Ю., Маринина Е. А., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Повышение эффективности улавливания фтористого водорода выбросов производств строительной индустрии / О. Н. Маринина, Н. Ю. Ермилова, Н. Ю. Карапузова, Е. А. Маринина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 145—153.

Об авторах:

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

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

Карапузова Наталья Юрьевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры энергоснабжения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, karapuzova_ny@mail.ru

Маринина Екатерина Андреевна — магистрант, Волгоградский государственный аграрный университет (ВолгГАУ); Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26б, day.meednight@gmail.com

Ol'ga N. Marinina[a], Natal'ya Yu. Ermilova[a], Natal'ya Yu. Karapuzova[a], Ekaterina A. Marinina[b]

[a] Volgograd State Technical University

[b] Volgograd State Agricultural University

RESEARCH OF HYDROGEN FLUORIDE SORPTION UNDER DYNAMIC CONDITIONS BY A DEVELOPED FILTERING MATERIAL

Tests of respirators from the developed material are conducted. The analysis of results has shown that developed ion-exchange the fibrous material can be used as a sorbtsionno-filtering element of a respirator “Snejok”, providing demanded efficiency of protection on fluoric hydrogen.

K e y w o r d s: the respirator filtering an element, the sorption filtering materials, MPC (maximum-permissible concentration), submask space.

For citation:

Marinina O. N., Ermilova N. Yu., Karapuzova N. Yu., Marinina E. A. [Research of hydrogen fluoride sorption under dynamic conditions by a developed filtering material]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta*. *Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 145—153.

About authors:

Olʹga N. Marinina — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Engineering Graphics, Standardization and Metrology Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, day.meednight@gmail.com

Natalʹya Yu. Ermilova — Candidate of Pedagogic Sciences, 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

Natal'ya Yu. Karapuzova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Power Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, karapuzova_ny@mail.ru

Ekaterina A. Marinina — Master's Degree student, Volgograd State Agricultural University; 26b, Universitetskii Ave., Volgograd, 400120, Russian Federation, day.meednight@gmail.com

УДК 72.03(470.45)

П. П. Олейников

Волгоградский государственный технический университет

АРХИТЕКТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ «ШЛЫКОВА МЕСТЕЧКА» ЦАРИЦЫНА

В статье рассмотрены проблемы формирования застройки 2-й части Царицына (Зацарицынской) в конце XIX — начале XX в. Выявлено участие купца I гильдии А. М. Шлыкова в строительстве ряда жилых, производственных и культовых зданий в этой местности. Показано использование этих зданий для образования, торговли и производства. Представлены биографические материалы о семьи купца А. М. Шлыкова, фотографии его семьи и зданий, построенных при его поддержке и участии. Даются предложения по использованию сохранившихся зданий для создания обширного современного туристического кластера.

Ключевые слова: Царицын, архитектура, здания, купечество, лесопильные заводы, храмы.

Изучение архитектурной и строительной деятельности в Царицыне со дня его основания и до начала XX в. еще ожидает своих серьезных исследователей. Этими проблемами занимались и занимаются многие архитекторы, историки, ученые, краеведы. В работах А. Н. Минха [1], А. Е. Пожарского, М. М. Загорулько [2], И. О. Тюменцева, Г. Н. Андриановой [3], В. П. Спиридоновой, А. В. Материкина [4], В. В. Серебряной [5], С. М. Иванова [6], В. И. Супруна, А. Ю. Авчухова [7], Е. Г. Филонич [8] рассматриваются вопросы культурного, исторического, архитектурного наследия Царицына и Царицынского уезда. При этом проблемы архитектуры рассматривались в контексте истории создания и функционирования в основном культовых сооружений нашего региона. Сложность исследований связана с утратой во время Сталинградской битвы большого количества как архивной документации и многих личных материалов, так и с исчезновением самих материальных свидетельств того периода — зданий и сооружений.

Среди «белых» пятен в архитектурной истории — забытые имена архитекторов, строителей, инженеров, авторов проектов сохранившихся и утраченных архитектурных сооружений. Определенный интерес вызывает и деятельность владельцев зданий, на чьи средства они возводились. Одним из таких домовладельцев был известный царицынский купец и меценат Александр Михайлович Шлыков, построивший со своими сыновьями во второй части Царицына здания, создание которых повлекло за собой название — «Шлыково местечко». Здания, построенные более ста лет назад, перенесшие такие испытания, как Сталинградская битва, и сейчас сохраняют свои своды и стены уже как храмы культуры, науки и образования.

Первые публикации в местной прессе о купце Александре Михайловиче Шлыкове датированы 1889 годом, газета «Волжско-Донской листок» сообщает: «Лесопильный завод Шлыкова во второй части города на лесных пристанях основан в 1883 г.[1] (по другим источникам — в 1882 г.[2]), годовая про-

[1] Волжско-Донской листок. № 685-696. Июнь — июль 1889.

[2] Российский государственный исторический архив РГИА, Ф. 6 17895, л. 440.

изводительность 40 тыс. руб., мукомольная мельница при лесопильном заводе основана в 1885 г., производительность 2 тыс. руб.»[3], а также сообщается, что у Шлыкова во второй части города есть кирпичный завод[4]. При этом в 1887—1888 гг. лесопилка Шлыкова считалась одной из лучших, распиливая до 300 бревен в день. Стоимость распилки одного бревна стоила в то время 80 коп. — 1 руб., но в конце 1880-х гг. возникло много новых лесопилок, что ударило по ценам, которые упали до 40 коп. за распилку одного бревна[5].

Видимо, конец 1880 — начало 1890-х гг. были для А. М. Шлыкова очень успешными годами в его купеческой деятельности. В этот период в Царицыне было только 5 лесопильных заводов — П. Р. Максимова, И. Е. Воронина, А. М. Шлыкова, Шамова и Грязе-Царицынской железной дороги. Лучшими считались заводы Шлыкова и Максимова[6]. К 1892 году Царицын по числу лесопильных заводов занимает первое место среди волжских городов, здесь уже построено 19 заводов с 22 рамами (пилорамами) при общем их количестве на Волге и ее притоках 60 и 82 соответственно.

А. М. Шлыков хорошо ориентируется в экономической ситуации этого периода, ощущает постоянную конкуренцию в своих коммерческих делах и принимает решения, способствующие укреплению своего бизнеса — создает многопрофильные предприятия. Кроме мукомольной мельницы и кирпичного завода 1 августа 1891 г. при лесопильном заводе Шлыкова открыт чугунолитейный завод[7], через 4 года сообщается, что чугунно-медно-литейный механический и котельный завод А. М. Шлыкова принимает заказы на разные литейные, механические, котельные и кузнечные работы для фабрик, заводов, мельниц и пароходов, а также производит различный ремонт по умеренным ценам[8]. Известен факт изготовления отливки лесопильного станка заводом Шлыкова[9] для лесопильного завода Бауэра и Воронина, которые купили горчичный завод у поселянина из Сарепты Гольдбаха и перепрофилировали его под лесопилку[10].

В 1896 году появляются сведения о лоббировании А. М. Шлыковым в городской думе вопроса выделения ему земли в районе Банного оврага под строительство еще одного завода, причем он был готов моментально заплатить 10 тыс. руб., если ему уступят 20 десятин по 500 руб. за десятину[11]. Это место им выбиралось, вероятно, неспроста, ведь именно в 1895—1896 гг. французские инженеры активно изучают царицынскую территорию выше Банного оврага на предмет строительства сталелитейного и железопрокатного завода, в будущем металлургического общества «Урал-Волга», и потребность в лесоматериалах для строительства завода была очевидна. Очевидно, эти обстоятельства привели купца к желанию полностью сосредоточиться на

[3] Волжско-Донской листок. № 685-696. Июнь — июль 1889.
[4] Волжско-Донской листок. № 707. 9 августа 1889.
[5] Волжско-Донской листок. № 940. 10 февраля 1891.
[6] Волжско-Донской листок. № 918. 19 декабря 1890.
[7] Волжско-Донской листок. № 1014. 7 августа 1891.
[8] Волжско-Донской листок. № 1626. 2 августа 1895.
[9] Царицынский вестник. № 574. 5 декабря 1899.
[10] Царицынский вестник. № 351. 23 февраля 1899; Царицынский вестник. № 513. 19 сентября 1899.
[11] Волжско-Донской листок. № 1832. 1 декабря 1896.

коммерческой деятельности, и он подает прошение саратовскому губернатору об увольнении его с должности городского головы. Губернатор удовлетворяет это прошение[12]. Но построить лесопильный завод в районе Банного оврага не удалось, зато А. М. Шлыков строит новый завод в Бекетовке.

К концу XX в. конкуренция на рынке лесопереработки в Царицыне вновь усиливается. Второй лесопильный завод А. М. Шлыкова находился выше пристаней Владикавказской железной дороги у ст. Бекетовка, имел подъездную ветвь к полотну железной дороги, успешно работал, но был паровым[13]. В 1898 году министр финансов Российской империи утвердил смету предварительных расходов общества Владикавказской железной дороги по оборудованию лесных пристаней в Бекетовке с самыми современными технологиями, с устройством гавани около с. Сарепты, а самое главное, строилась электростанция в Сарепте, от которой и будут работать новые лесозаводы[14]. В этом же районе вдоль берега Волги разбивались 16 новых участков размером 150 × 40 сажень с небольшими интервалами для прокладки подъездных путей и они выставлялись на торги[15]. Это послужило большим стимулом к появлению новых лесозаводов, а желающих получить участок оказалось даже больше предложенных. За короткое время к постройке лесозаводов приступили купцы Захаров и Голдобин, Болдырев, Лапшин, братья Башенины, лесопромышленная фирма «Тработти и К»[16]. В результате производительность выстроенных в Бекетовке к осени 1900 г. заводов, работающих на электричестве, сравнялась с паровыми, и, как следствие, вновь снизилась цена на распил бревен[17].

Предприятия А. М. Шлыкова выдерживают жесткую конкуренцию, об этом свидетельствует его общественная, благотворительная деятельность и архитектурно-строительные работы, требующие крупных финансовых вложений.

Биографическая справка

Александр Михайлович Шлыков родился в Царицыне в 1839 г., получил домашнее образование, его отец имел «колесное заведение» в скромных размерах. Интересна история появления фамилии. Предки Шлыковых поселились в Царицыне в XVII в. и носили фамилию Курских. Во время Низового похода в 1723 г. Петр Великий проезжал через город Царицын. В числе встречавших государя граждан был кто-то из дома Курских с маленьким сыном Александром. Государь обратил внимание на мальчика, который по своему неразумению не снял с головы шапки, подозвал его к себе и сказал: «Почему ты не скинешь свой шлык?». С тех пор все начали называть мальчика «Шлык», а когда он вырос, то фамилия Курских была совершенно забыта и сына его стали звать Шлыковым, а впоследствии так и записывали в книги[18].

А. М. Шлыков (рис. 1) в семье был единственным сыном, с ранних лет помогал отцу в коммерции. Когда ему исполнилось 25 лет, умирает отец

[12] Волжско-Донской листок. № 1667. 5 ноября 1895.
[13] Царицынский вестник. № 543. 28 октября 1899.
[14] Царицынский вестник. № 175. 14 июля 1898.
[15] Царицынский вестник. № 99. 5 апреля 1898.
[16] Царицынский вестник. № 660. 24 марта 1900.
[17] Царицынский вестник. № 936. 16 марта 1901.
[18] Российский государственный исторический архив РГИА, Ф. б 17895, л. 440.

(12 мая 1865 г.), а затем новые беды — 28 мая того же года пожар уничтожил все постройки Шлыковых — как жилые, так и мастерские. У Александра Михайловича было скоплено 500 рублей, и он при помощи новочеркасского богатого казака Дмитрия Петровича Шапошникова начал лесное дело, «не оставляя комиссии по переотправке транзитом товара в Ставропольскую губернию»[19].

Дело, начатое в незначительных объемах, выросло благодаря энергии и трезвому взгляду на созданные им предприятия. В 1882 году А. М. Шлыков строит свой первый лесопильный завод во второй части Царицына, в местности Кавказ, т. е. во второй части Царицына. Чуть позже он начал сам производить выработку леса из Уфимской и впоследствии Пермской губерний, сплавляя его в Царицын для разработки и продажи. В 1897 году А. М. Шлыков построил второй лесопильный завод близ Царицына у станции Бекетовской, Владикавказской железной дороги[20].

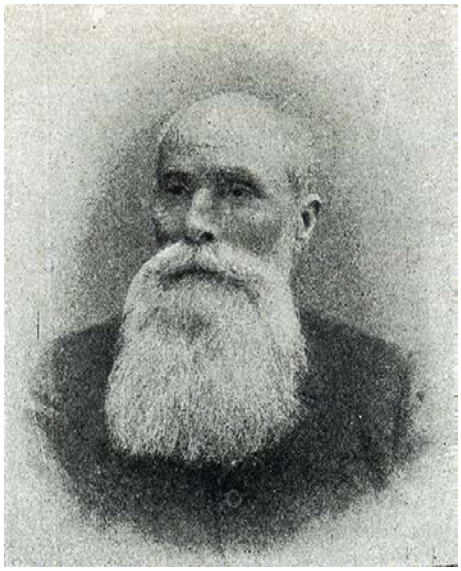


Рис. 1. А. М. Шлыков. Российский государственный исторический архив

Ведя коммерческое дело, А. М. Шлыков отдавал часы досуга и общественному служению. Приведем впечатляющий перечень только основных его должностей и общественных обязанностей, зафиксированный в официальных документах:

1859 г. ратман Шлыков (ратман — должностное лицо в органах местного самоуправления) [9].

1865—1877 гг. и с 1880 г. — гласный Царицынского уездного земства.

1866—1867 гг. — член оценочно-раскладочной исполнительной комиссии при местном городском самоуправлении.

1874—1877 гг. — член Царицынской уездной земской управы.

1874—1880 гг. — член уездного училищного совета от Царицынского земства.

1875—1878 гг. — почетный мировой судья.

1872 г. — гласный Царицынской городской думы (Первое четырехлетие).

1876 г. — гласный Царицынской городской думы (Второе четырехлетие).

1980 г. — гласный Царицынской городской думы (Третье четырехлетие), член городской Управы с правом заступающего должность городского головы.

Именно под председательством А. М. Шлыкова на заседании городской думы 23 апреля 1881 г. было принято решение об увековечении памяти императора Александра II путем постройки часовни.

[19] Там же.
[20] Там же.

18 апреля 1884 г. — гласный Царицынской городской думы (Четвертое четырехлетие).

С 1885 г. — попечитель 2 женского Царицынского начального училища.

С 18 декабря 1886 г. по 4 июля 1888 г. — городской голова.

1886 г. — состоял членом квартирной комиссии.

1 июля 1888 г. — гласный Царицынской городской думы (Пятое четырехлетие).

3 ноября 1888 г. — выбран членом попечительства по сооружению храма во имя Святого Благоверного Князя Александра Невского [10].

С 1894 года — гласный Царицынской городской думы (Первое четырехлетие по новому «Городовому положению») [11].

С 14 марта 1894 г. по 18 октября 1895 г. — городской голова.

В бытность городским головой и гласным городской думы А. М. Шлыков способствовал составлению плана города, упорядочению в названиях улиц, созданию водопроводной комиссии и разработке проекта и смет на сооружение в городе водопровода, на устройство мостовых и земляных сооружений, отвода места под постройку тюрьмы, под постройку земской больницы, выделению городского места Царицынскому отделению государственного банка под строительство собственного здания, выделению места «Уральско-Волжскому металлургическому обществу» под строительство сооружений завода и т. д.

В 1893 году он в составе делегации гласных думы отправляется в Санкт-Петербург, где ходатайствует о проведении Восточно-Донецкой железной дороги на Царицын, за что была получена благодарность думы. В 1895 году А. М. Шлыков во главе авторитетнейшей делегации Царицына (бывшие городские головы В. Ф. Лапшин и К. В. Воронин) вновь прибывает в столицу для поднесения хлеба-соли и поздравлений императору Николаю II по случаю бракосочетания и восшествия на престол.

В 1891 и в 1895 году А. М. Шлыков играет важную роль в решении вопроса о соединении рельсовым путем станций «Волжская» и «Соляная» по берегу р. Волги. С выработанными городской думой условиями соединения станций не согласился департамент железных дорог Министерства путей сообщения. На телеграмму А. М. Шлыкова к городской думе об изменении своих требований последняя не дала согласия, и А. М. Шлыков, находясь в столице, на встрече с директором департамента Сумароковым под свою ответственность пошел на уступку Министерству. В дальнейшем Царицынская дума признала действия городского головы правильными, в интересах города и выразила ему благодарность [12].

На благотворительные цели он жертвует немалые средства — на церковные и духовные-нравственные цели им пожертвовано более 100 тыс. рублей.

По сведениям на 1886 г. — А. М. Шлыков от гражданского брака с Елизаветой Петровной Шлыковой имел пятерых детей: Анастасию (15 лет), Михаила (14 лет), Ольгу (11 лет), Василия (9 лет) и Германа (8 лет) [13]. Семейная жизнь Александра Михайловича складывалась вполне благополучно, но до определенного времени.

«Волжско-Донской листок» писал: «В понедельник 5 ноября в Вознесенской церкви была богатая и блестящая свадьба: венчалась дочь Александра

Михайловича Шлыкова с сыном Егора Петровича Штыкова[21] (Е. П. Штыков — царицынский купец, состоял в комиссии по строительству Казанской церкви). Вероятно, это была свадьба Анастасии, ей было 19 лет (Ольге — 15).

Большая беда случилась с сыном Василием. Газеты сообщили: «В понедельник 27 апреля, напротив с. Отрады утонул в Волге сын купца Шлыкова, Василий Александрович, молодой человек 21 года. В. А. Шлыков с приказчиком и рабочим выехали в небольшой лодке, взявши якорь, для установки бакена напротив лесопильной самотаски. Когда якорь стали выбрасывать, он лапой задел за борт лодки, которая опрокинулась вверх дном. Рабочий и приказчик выплыли на берег, а Шлыков, вынырнув два раза из воды, исчез и больше не появлялся…». Нашли тело только в конце июня близ Сарепты[22].

Рис. 2. Е. П. Шлыкова. Архив А. Авчухова

Фамилия Шлыковых в городской прессе Царицына упоминается только в связи с деятельностью А. М. Шлыкова и его сыновей. Известный волгоградский краевед и знаток истории города А. Ю. Авчухов предоставил нам из своих архивов фотографию Елизаветы Петровны Шлыковой, сделанную царицынским фотографом Эрдманом и датированную 1900 годом (рис. 2). Если предположить, что на фотографии женщине около 50 лет, то вполне возможно, что перед нами жена Александра Михайловича Шлыкова, ему в это время исполнилось 60.

Наша версия даже предполагает, что это сестра благодетеля Александра Михайловича Шлыкова — Шаповалова Дмитрия Петровича, т. к. фотографию женщина подписала «Дорогому брату от сестры Елизаветы Петровны Шлыковой», а если учесть, что партнерство Шлыковых и Шаповаловых давнее, то и возможность породнения вполне вероятна.

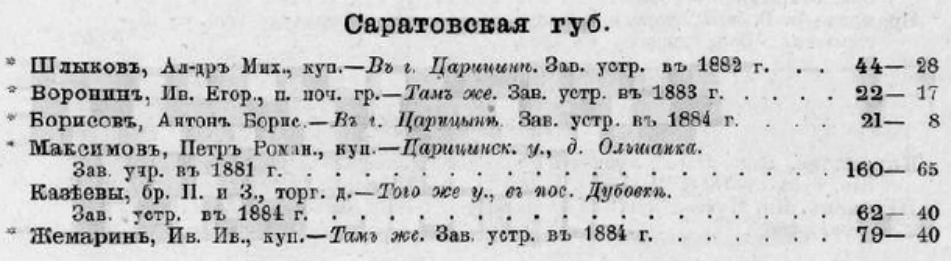
А. М. Шлыков — основатель лесопереработки на Нижней Волге

В 1887 году под авторством П. А. Орлова публикуется «Указатель фабрик и заводов Европейской России и Царства Польского». В разделе II «Производства по обработке дерева: Лесопильное» дается перечень губерний, в которых имеются лесопильные заводы. Указывается, что в Саратовской губернии в 1887 г. имеется всего 6 заводов и все в нашем регионе: четыре работают в Царицыне и два — в Дубовке. В Царицыне кроме Шлыкова заводы имели потомственный почетный гражданин И. Е. Воронин и купцы П. Р. Максимов и А. Б. Борисов, а в Дубовке купец И. И. Жемарин и торговый дом братьев П. и З. Казеевых. При этом купцов П. Р. Максимова и А. М. Шлыкова можно считать пионерами создания лесопереработки в нашем крае, их заводы были основаны соответственно в 1881 г. и в 1882 г.

[21] Волжско-Донской листок. № 900. 7 ноября 1890.
[22] Царицынский вестник. № 115. 29 апреля 1898.

(рис. 3). В 1887 году годовой оборот завода А. М. Шлыкова составлял 44 тыс. руб. при 28 рабочих [14].

В 1894 году финансовые показатели лесопильного завода А. М. Шлыкова несколько снижаются, как и число работников, они составили соответственно 30 тыс. руб. и 25 работников. Зато кирпичный завод выпускает в том году 300 тыс. кирпичей на 2 тыс. руб. при 10 рабочих, а на мукомольной мельнице выработано 2 тыс. пудов муки при 3 рабочих [15].



Саратовская губ.

* **Шлыковъ**, Ал-дръ Мих., куп.—*Въ г. Царицынѣ.* Зав. устр. въ 1882 г.	44—	28
* **Воронинъ**, Ив. Егор., п. поч. гр.—*Тамъ же.* Зав. устр. въ 1883 г.	22—	17
* **Борисовъ**, Антонъ Борис.—*Въ г. Царицынѣ.* Зав. устр. въ 1884 г.	21—	8
* **Максимовъ**, Петръ Роман., куп.—*Царицинск. у., д. Ольшанка.* Зав. учр. въ 1881 г.	160—	65
Казѣевы, бр. П. и З., торг. д.—*Того же у., въ пос. Дубовкѣ.* Зав. устр. въ 1884 г.	62—	40
* **Жемаринъ**, Ив. Ив., куп.—*Тамъ же.* Зав. устр. въ 1884 г.	79—	40

Рис. 3 Лесопромышленники Саратовской губернии в 1887 г.

В 1899 году в «Адрес-календаре Российской империи» опубликованы сведения о наличии у А. М. Шлыкова в Царицыне на лесной пристани мукомольного производства, лесопильного производства и механического завода. Здесь же в разделе «Строительные материалы и топливо» сообщается о наличии у него в пос. Азов Ростовского округа производства, вероятно, лесопильного завода [16], что подтверждает наличие коммерческих отношений с Донской областью царицынского купца.

В «Списке фабрик и заводов Европейской России» за 1903 г. есть две записи о наличии производств в Царицыне у купца А. М. Шлыкова, их можно считать наиболее информативными. Первая — «Паровой лесопильный завод (осн. в 1898 г.). Царицынский уезд, Отраднинская волость, сел. Отрада. Изготовлено доски на 111 700 руб., и размалывал муку. Годовое производство 114 300 руб. Число рабочих 21».

Вторая запись — «Лесопильный и механический завод (осн. в 1883 г.). Г. Царицын, 2 ч. Изготовлено доски на 77 900 руб., станки для обработки дерева и разных мелких машинных частей. Годовое производство 89 600 руб. Число рабочих 33»[23]. Таким образом, указанные предприятия А. М. Шлыкова произвели в 1903 г. продукции на 204 500 рублей, что подтверждает его успешную деятельность и в начале XX в. Вероятно, крупные доходы давали возможность строительства новых зданий в Царицыне, в частности дома на ул. Дубовской, с 1910 г. сдававшийся под размещение четвертой женской гимназии Царицына.

Торговый дом «Братья Шлыковы»

В возрасте 70 лет А. М. Шлыков передал свое основное торгово-промышленное дело сыновьям — Михаилу Александровичу и Герману Александровичу. Они основали торговый дом под фирмой — «Торговый дом Братья Шлыковы» [17]. Дело отца было очень успешным, годовой оборот в

[23] Список фабрик и заводов Европейской России / Министерство финансов. С.-Петербург ; Типография В. Киршбаума, 1903. URL: https://www.prlib.ru/item/371005.

1909 г. составил 700 тыс. руб. В этот период старший сын Михаил занялся делами фирмы, а младший, Герман, был еще студентом Московского императорского технического училища и проживал в Москве[24]. Но часть своего бизнеса А. М. Шлыков сохранил, в 1910 г. из издания «Список фабрик и заводов России» в VII разделе «Обработка питательных и вкусовых веществ», п. 1 «Мукомольное и крупяное производство» мы узнаем, что в с. Сарепта Царицынского уезда у него в собственности имеется паровая мукомольная мельница[25]. В этом же издании дается информация о том, что у торгового дома «Братья Шлыковы» в Царицынском уезде, с. Отрада, ст. Бекетовская Владикавказской железной дороги имеется лесопильный завод, основанный в 1897 г. Контора находится в Царицыне, заведующий Штыков Ф. Г., годовая производительность 120 тыс. руб., 35 рабочих, 2 пилорамы мощностью 60 лошадиных сил[26]. Через год экономические показатели торгового дома существенно возрастают. У них работает уже 43 человека, а годовой оборот — 182 тыс. руб.[27] В 1912 году торговый дом произвел доски на 247 470 руб. при числе рабочих 48. Сообщается, что контора находится в Царицыне на базарной площади[28].

Старший сын Александра Михайловича, Михаил, родился в 1871 г., образование получил среднее, после чего по желанию родителей вступил в коммерческое дело и под их руководством начал принимать в нем более активное участие (рис. 4). Со временем он, как и отец, стал авторитетным купцом, был церковным старостой, гласным городской думы[29], членом многих комиссий по городским сооружениям, почетным смотрителем второго городского 4-х классного училища[30], членом комитета от лесоотправителей по Владикавказской железной дороге, членом-казначеем попечительного совета гимназии. Он был главным членом и распорядителем торгового дома «Братья Шлыковы», известным общественным деятелем и членом многих благотворительных и просветительных учреждений. В прессе города сообщается о свадьбе Шлыковых в сентябре 1906 г.[31] Очевидно, это была свадьба Михаила. В архиве автора имеется фотография царицынского фотографа В. Касат-

[24] Российский государственный исторический архив РГИА, Ф. 6 17895, л. 440.

[25] Список фабрик и заводов России. 1910 г. По официальным данным фабричного, податного и надзора. Составлено редакцией «Торгово-промышленной газеты» и «Вестника финансов». Издано торговым домом Л. и З. Метцл и К., центральная контора объявлений. Москва, С.-Петербург, Варшава. С. 771. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003773487/viewer/?page=1083.

[26] Там же. С. 229.

[27] «Весь Царицын». Справочник по гор. Царицыну и Царицынскому уезду. 1911 г. С. 102. Издание товарищества «Царицынская мысль». Царицын. Типолитография В. Р. Федоровой. 1911.

[28] Список фабрик и заводов Российской Империи. СПБ. : Типография Киршбаума (отделение), 1912. URL: http://istmat.info/files/uploads/26498/fabriki_i_zovodi_1912_7.pdf.

[29] «Весь Царицын». Справочник по гор. Царицыну и Царицынскому уезду. 1911 г. С. 102. Издание товарищества «Царицынская мысль». Царицын. Типолитография В. Р. Федоровой, 1911.

[30] Там же. С. 80.

[31] Царицынский вестник. № 2371. 27 сентября 1906.

кина с изображением молодой пары. Внимательно изучив ее и сравнив молодого человека с имеющейся фотографией Михаила, мы пришли к выводу, что на снимке — Михаил Шлыков, вероятно, с молодой супругой (рис. 5). Конечно, нельзя исключить, что на фото он с одной из своих сестер.

Рис. 4. М. А. Шлыков. Российский государственный исторический архив

Рис. 5. М. А. Шлыков с супругой. Архив автора, публикуется впервые

Последние достоверные сведения о нем относятся к декабрю 1915 г. В документе под названием «Сведения о личном составе городской думы города Царицына Саратовской губернии в четырехлетие с 1915 г.», хранящимся в государственном архиве Саратовской области, сказано: «Шлыков Михаил Александрович, православного вероисповедания, купеческий сын, окончил городское училище, возраст 44 года, имеет дом по городской оценке 6856 руб. Состоит гласным с 1910 г., проживает в Царицыне со дня рождения. Ранее не занимал должностей по городским или сословным выборам»[32].

Выяснились некоторые факты из жизни младшего Шлыкова (рис. 6). Директор музея Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (быв. Московское императорское техническое училище) Г. А. Базанчук нам сообщила, что в имеющихся списках студентов МИТУ значится дата поступления Германа Александровича Шлыкова — 1905 г. на механическое отделение. Его фамилия упоминается все годы обучения, вплоть до 1914 г., в котором он закончил училище со званием инженера-механика. В его личном деле сказано: сословие — купеческое; откуда — Царицын; что закончил до поступления в училище — Ч.Р.У.В. (частное реальное училище Воскресенского, оно находилось в Москве на Мясницкой улице

[32] Сведения о личном составе городской думы города Царицына, Саратовской губернии в четырехлетие с 1915 г. Государственный архив Саратовской области. Ф. 25. Оп. 1. Д. 3938. Л. 475 об. 476.

(здание существует). Проанализировав издание «Вся Москва. Адресная и справочная книга», выясняем, что Герман Александрович Шлыков в 1913 и в 1914 г. проживал в городе по адресу: Лялин переулок, д. 11[33]. Вероятно, начавшаяся Первая мировая война тоже повлияла на судьбу молодого инженера, в Москве он не живет, но в издании за 1917 г. читаем: «Шлыков Герман Александрович, инженер-механик, Даев (переулок), 31. Т. 166-41. Эксперт при фабричном отделе Главного комитета Всероссийского земского Союза»[34]. В этом же справочнике есть всего две женских фамилии Шлыковых, но проживают они по другому адресу, следовательно, Герман в 1917 г. еще не был женат. Сведений о судьбе семьи Шлыковых после 1917 г. пока не обнаружено. Анализ существующих источников о деятельности купцов Шлыковых свидетельствует об их причастности к созданию или покровительству при создании многих домов и церквей в Царицыне. Обнаружено интересное упоминание о владении в 1892 г. А. М. Шлыковым, совместно с купцом Ворониным, известным в Царицыне домом Божескова. Газета писала: «В доме Воронина и Шлыкова (быв. Божескова) сдаются лавки, подвалы, квартиры с отоплением и водой…»[35].

Рис. 6. Г. А. Шлыков. Российский государственный исторический архив

Вознесенская церковь

В 1893—1896 гг. — царицынский I гильдии купец А. М. Шлыков — церковный староста Вознесенской церкви (рис. 7). Его деятельность на этом посту поражает. В отчетах 1896 г. А. М. Шлыков указывает, что наличных церковных денег имеется 190 руб. 80 коп., в билетах 806 руб. 88 коп., а всего 997 руб. 68 коп. Кроме того, Шлыковым была предоставлена ведомость с оправдательными документами и с подробным перечнем приобретенных им в течение трехлетней службы различных предметов и вещей в пользу церкви на 12 409 руб. 84 коп., а также истраченных им в тот период времени на ремонт церкви и причтовых домов и на другие по церкви расходы 2468 руб. 63 коп., израсходовано еще на содержание квартиры священника, дьякона и двух псаломщиков 1287 руб. 35 коп. и на содержание певческого хора с июля 1893 г. по 3 февраля 1896 г. 4404 руб. 40 коп. Всего усердием Шлыкова приобретено, помимо записанных в приходно-расходные книги, для нужд церкви на

[33] Вся Москва. Адресная и справочная книга. М., 1875. URL: http://elib.shpl.ru/ru/nodes/19425-na-1913-god-29-y-god-izdaniya-1913#mode/inspect/page/1454/zoom/6.

Вся Москва. Адресная и справочная книга. М., 1875. URL: http://elib.shpl.ru/nodes/2923#mode/inspect/page/1593/zoom/4.

[34] Вся Москва. Адресная и справочная книга. М., 1875. URL: http://elib.shpl.ru/ru/nodes/772-na-1917-god-m-1917#mode/inspect/page/1373/zoom/5.

[35] Волжско-Донской листок. № 1088. 29 января 1892.

20 570 руб. 62 коп. О таком небывалом усердии царицынским благочинным о. Флегматовым был составлен акт для хранения в церковном архиве. Шлыковым за это время был приобретен двухэтажный дом, в котором удобно разместились священник, дьякон и во дворе в двухэтажном флигеле — два псаломщика. Дом этот с ремонтом и с приспособлениями для удобства квартируемых стоит 9300 руб. Всего Шлыковым за 3 года службы было приобретено в пользу церкви и причта на 25 870 руб. 87 коп. Также отмечается, что по своим средствам Вознесенская церковь занимает первое место в городе, в чем несомненная заслуга принадлежит А. М. Шлыкову[36].

Царицынский приют для девочек

Место под строительство приюта для девочек (рис. 8) отвели в центре города, с восточной стороны Покровской церкви[37]. При этом высказывались претензии к гласным городской думы, которые несколько месяцев не могли собрать кворум в 38 человек для отчуждения городской собственности. 10 января 1893 г. состоялось открытие приюта, здание возвели 3-этажное, кирпичное, стоимостью около 30 тыс. руб. А. М. Шлыков стал почетным членом попечительского совета и внес в фонд приюта 300 рублей[38].

Рис. 7. Вознесенская церковь

Рис. 8. Царицын. Детский приют. Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда. Архив А. Лапинского

Собор Александра Невского

В 1888 году после железнодорожной катастрофы, в которую попала царская семья, Царицынская городская дума приняла решение, в ознаменование ее чудесного спасения, соорудить в Царицыне на городской базарной площади собор с главным престолом во имя Святого благоверного князя Александра Невского (рис. 9). Купечество также поддержало эту идею, но более десяти лет дело не двигалось. И только в 1899 г. наметился перелом, для ознакомления с собором в г. Оренбурге городской думой были направлены гласные А. М. Шлыков и В. Н. Рысин с губернским архитектором Ю. Н. Терликовым. На них собор, построенный архитектором А. А. Ященко, произвел глубокое

[36] Волжско-Донской листок. № 1776. 24 июля 1896.
[37] Волжско-Донской листок. № 952. 13 марта 1891.
[38] Волжско-Донской листок. № 1383. 31 декабря 1893.

впечатление, и они убедили думу сделать такой же собор и в Царицыне[39]. С этого периода А. М. Шлыков избирается членом попечительской комиссии по сооружению собора Александра Невского[40].

Рис. 9. Собор Александра Невского

После смерти Александра Михайловича, по духовному завещанию, часть его средств направляется на строительство собора. Соборная комиссия в этой связи отмечает, что средства Шлыкова будут использованы на завершение внутренней отделки храма[41]. Дата его смерти пока не установлена, последнее упоминание об А. М. Шлыкове связано с железнодорожной катастрофой, произошедшей 3 февраля 1916 г., когда шедший из Грязей в Царицын пассажирский поезд № 6 по отправлении со ст. Страхово Грязе-Царицынской линии потерпел крушение. В числе пострадавших оказался гласный думы А. М. Шлыков, он по прибытии в Царицын 5 февраля дал большое интервью журналисту газеты «Царицынский вестник» [18].

«Шлыково местечко» в Зацарицынской части города

Сейчас мы знаем о четырех зданиях, построенных или приобретенных в Зацарицынской части города на средства купцов Шлыковых. Три из них находились совсем рядом и частично сохранились до настоящего времени. В Зацарицынской части с 1882 г., на берегу Волги, находился и их первый лесозавод. По этой причине территория и получила название «Шлыково местечко».

Крестовоздвиженская церковь

Главное участие в создании Крестовоздвиженской церкви на Зацарицынской Сенной площади принимает городской голова А. М. Шлыков (рис. 10).

[39] Институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация». Тема «Воссоздание памятника архитектуры 1901—1918 гг. Собора Св. Александра Невского. Волгоград. Научно-технический архив, Инв. № 13296.

[40] Царицынский вестник. № 771. 13 августа 1900.

[41] Институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация». Тема «Воссоздание памятника архитектуры 1901—1918 гг. Собора Св. Александра Невского. С. 19. Волгоград. Научно-технический архив, Инв. № 13296.

Ее закладка произведена 28 августа 1894 г.[42] В подготовительный период, перед закладкой храма, А. М. Шлыков берет 10-дневный отпуск для поездки в Саратов по делам, касающимся сооружения храма на Сенной площади. Очевидно, командировка была связана и с подбором проекта для храма. Известно, что при этом упоминаются имена петербургского архитектора Д. Грима и саратовского инженера С. И. Тихомирова. В 1903 году строительство храма завершено, его освящает Преосвященный Гермоген, епископ Саратовский и Царицынский[43]. Все это время попечителем был А. М. Шлыков[44]. Вполне естественно, что в старосты Воздвиженской церкви выбрали Александра Михайловича Шлыкова, строителя храма[45].

Рис. 10. Крестовоздвиженская церковь. Макет. Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда

Дом Шлыкова на Княгининской улице

Это 2-этажное царицынское здание является наименее изученным не только с точки зрения его архитектурных особенностей, но и времени строительства или приобретения. Пока имеется лишь одна его фотография царицынского периода, снятая с колокольни Вознесенской церкви (рис. 11). Качество ее невысокое, но можно отметить богатый декор фасадов, с характерной для города кирпичной кладкой. Также можно утверждать, что в 1903 г. здание уже существовало — вдали видна Крестовоздвиженская церковь, построенная в том году. Очевидно, это был доходный дом, из справочника «Весь Царицын» за 1902 г. узнаем, что помещения сдавались различным торговым и коммерческим заведениям, т. к. здание находилось на одной из самых оживленных улиц Зацарицынской части города, где в дальнейшем устроят трамвайную линию. В 1902 году в доме Шлыкова на Княгининской улице комнаты сдавались под крендельные заведения К. М. Караваева, М. М. Марказинова, И. С. Пяткина, здесь же работал кузнец С. Т. Акименков [19]. Новые архивные данные позво-

[42] Волжско-Донской листок. № 1482. 24 августа 1894.
[43] Там же. № 1417. 23 марта 1894.
[44] Там же. № 1642. 2 сентября 1903.
[45] Царицынский вестник. № 1845. 15 мая 1904.

ляют нам утверждать, что в 1894 г. здание уже было. Саратовский губернатор 24 февраля 1894 г. секретным предписанием озадачил царицынского полицмейстера сбором (негласно) сведений о лицах, представленных на утверждение по городской службе. В рапорте от 3 марта 1894 г. полицмейстер под грифом «Секретно» доносил в губернское по земским и городским делам присутствие о вновь избранном городском голове следующее: «Царицынский купец Александр Михайлович Шлыков имеет от роду 53 года, за время проживания в г. Царицыне под судом и следствием не состоял и ныне не состоит, поведения хорошего, политической неблагонадежности не проявлял, во второй части г. Царицына имеет два дома и лесопильный завод, торгующий лесом, все это имение оценивается в 60 000 рублей»[46]. В конце 1930-х это здание передается педагогическому институту, в нем расположился исторический факультет и его надстраивают еще одним этажом. Архитектура здания при надстройке существенно видоизменена, от былого декора фасадов Царицынского периода практически ничего не остается. Во время Сталинградской битвы здание сильно пострадало, его восстановлением занимался архитектор И. К. Белдовский. Сейчас здание принадлежит Волгоградскому государственному социально-педагогическому университету.

Рис. 11. Дом Шлыкова на Княгининской улице. Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда. Архив А. Лапинского

Дом Шлыкова на Дубовской улице

На сайте музыкально-драматического театра, сейчас расположенного в этом здании, указано время его строительства — 1862 г.[47] Мы считаем это ошибочным утверждением. Во-первых, малодоходная колесная мастерская Шлыковых в то время вряд ли могла финансово обеспечить строительство такого солидного 2-этажного дома. В городе тогда проживало всего около 7 тыс. жителей. Во-вторых, архитектурный стиль с элементами модерна, в

[46] Государственный архив Саратовской области. Ф. 25. Оп. 1. Д. 61. Л. 51 об.
[47] URL: http://kazachiy-theatre.ru/teatr/zdanie-teatra.

котором выстроен дом, появился только в начале XX в. Еще в 1985 году главный архитектор Волгограда, народный архитектор СССР В. Е. Масляев в своих работах опровергает первоначально указанную дату постройки [20]. В-третьих, что еще важнее, на фотографии, сделанной с Вознесенской церкви после 1903 г., на месте будущего дома Шлыкова стоит 1—2-этажное здание, фасады которого оштукатурены и выкрашены в белый цвет, на его крыше вывеска с надписью «Чайно-столовая».

За время существования дома на Дубовской улице он трижды менял свой архитектурный облик. Первоначально здание строилось, очевидно, как доходный дом. Здесь мы видим необычайно крупные для Царицына того времени окна-витрины первого этажа и вполне обычные — на втором. Вероятно, на первом этаже размещались торговые залы, т. к. каждое окно-витрина имело свою дверь, что давало возможность сдачи в аренду каждого помещения (рис. 12). В 1910 году Шлыков сдает в аренду помещения в своем доме под размещение 4-й женской гимназии, а через несколько лет, газеты сообщают: «Четвертая женская гимназия нуждается в расширении помещения. В виду этого приходится снимать для нее у домовладельца Шлыкова еще несколько комнат. Хотя плату Шлыков требует большую, но дума соглашается на его условия, так как другого помещения для гимназии за Царицей подыскать негде»[48]. Очевидно, именно это привело к крупной перестройке всего здания, оно было расширено в сторону Княгининской улицы и приобрело монументальный вид, создав главный градостроительный акцент на углу ул. Дубовской и Княгининской. Доминантой становится необычная для города угловая четырехугольная башня, завершенная куполом. При расширении здание сохранило основные стилевые особенности, в нем повторен и развит декор более ранней постройки.

Рис. 12. Дом Шлыкова, 4 женская гимназия

[48] Царицынский вестник. 10 марта 1913.

В 1930-х годах в доме Шлыкова размещались образовательные учреждения: Сталинградский индустриально-педагогический институт, затем Сталинградский государственный педагогический институт, в который позже вошел и Учительский институт.

В период Сталинградской битвы это здание серьезно пострадало, но было восстановлено. Бывший дом Шлыкова (4-я женская гимназия) восстанавливался под кинотеатр «Гвардеец» (рис. 13). Авторы проекта, архитекторы Г. Россихин и Н. Оганян решали непростую задачу по проектированию кинозала на 650 мест, при этом здание значительно уменьшалось в объемах. Связано это было с тем, что в новом генеральном плане Сталинграда улица Рабоче-Крестьянская (Княгининская) расширялась, а фактически продолжала линию застройки по еще царицынским торговым лавкам, располагавшимся на юго-восточной стороне улицы. Сейчас в одном из самом красивом царицынском здании размещается Волгоградский музыкально-драматический казачий театр.

Рис. 13. Дом Шлыкова, Казачий театр

Дом Шлыкова на Вознесенской площади (Дубовской улице)

Это здание упоминается в царицынской прессе как «собственный дом Шлыкова на Вознесенской площади», «собственный дом Шлыкова на Базарной площади» или «собственный дом Шлыкова на Дубовской улице».

А. М. Шлыков следит и за достижениями в технической области, с 1886 г. в Царицыне действует телефонная сеть, к 1990 г. абонентов насчитывается всего 19, причем частных только двое — А. М. Шлыков и К. В. Воронин как наиболее влиятельные представители городского купечества на тот период времени. Более того, А. М. Шлыков стал первым частным абонентом в нашем городе, на месяц опередив К. В. Воронина. 8 марта 1888 г. Царицынская городская дума принимает постановление о разрешении городскому голове А. М. Шлыкову устанавливать телефонные столбы от собственного дома до лесопильного завода. Приводим документ, впервые опубликованный в книге А. В. Материкина [21].

Вопросы, предложенные думе: 6. По заявлению Александра Михайловича Шлыкова о разрешении ему постановки столбов от дома его, стоящего на за-Царицынской базарной площади, до его же лесопильного завода, для проведения телефона	Постановлено думою: 6. Ходатайство А. М. Шлыкова удовлетворить, разрешив ему постановку столбов для проведения телефона от дома его, состоящего во 2-й части г.Царицына, в за-Царицынском форштадте, в 30 квартале по Коломенской, Липецкой и Княжнинской (Княгининской) улицам вплоть до его же лесопилки, но с тем, чтобы столбы были поставлены по боковым сторонам улиц

Документ важен для нас и тем, что в нем впервые находим подтверждение местоположения дома Шлыкова «в 30 квартале по Коломенской, Липецкой и Княжнинской (Княгининской) улицам вплоть до его же лесопилки», а также то, что лесозавод находился в непосредственной близости от дома.

На плане Царицына 1905 г. 30 квартал ограничивается улицами Коломенской (сейчас Краснослободская), Каширской (Циолковского) и Дубовской (Академическая), а следуя трассе телефонной линии (Коломенская — Липецкая), мы можем попасть на берег Волги к лесозаводу по современной улице Баррикадной (Липецкой) (рис. 14). Таким образом, первый лесозавод А. М. Шлыкова находился поблизости от станции «Волжская» Волго-Донской железной дороги и в нескольких сотнях метров от его жилого дома.

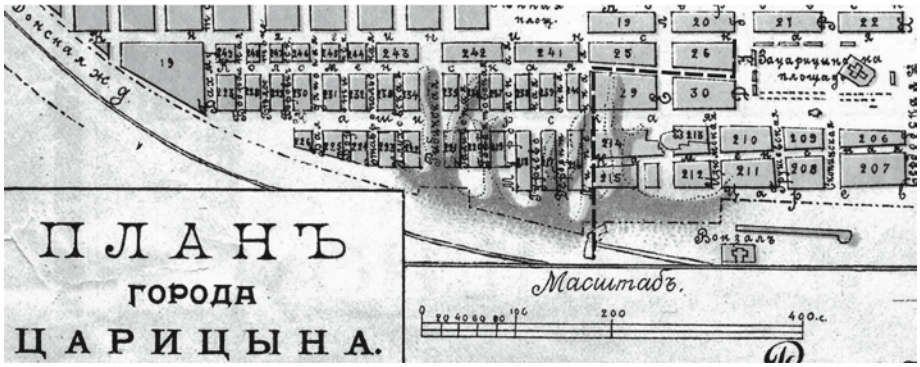


Рис. 14. План города Царицына 1905 г. Фрагмент. 30 квартал

Анализ объемно-планировочного и архитектурного решения здания позволяет сделать предположение, что строилось оно не сразу, а этапами. Правое крыло здания, расположенное ближе к 4-й женской гимназии, в планировочном отношении отличается от центральной части и построено, на наш взгляд, раньше основного корпуса. В плане правое крыло имеет меньшую ширину, декор фасада с семью прямоугольными окнами в каждом этаже менее выразителен, его фризовая и карнизная части имеет скромное завершение. Основная часть фасада (левая) представляет собой симметричное архитектурное решение, расчлененное на пять взаимосвязанных блоков, с четырьмя полуарочными окнами на каждом этаже, разделенными пилястрами. Пилястры завершаются прямоугольными тумбами, на которые установлены вазы. При этом центральный и крайние блоки

имеют одинаковое архитектурное решение, выразительный фриз, увенчанный по центру огромным декоративным фронтоном. Фасады двух других блоков основной части здания, также имеющих по четыре окна в каждом этаже, в основном повторяют архитектурное решение правой части здания, что свидетельствует о высокой квалификации автора проекта, попытавшегося сохранить единый стиль постройки (рис. 15).

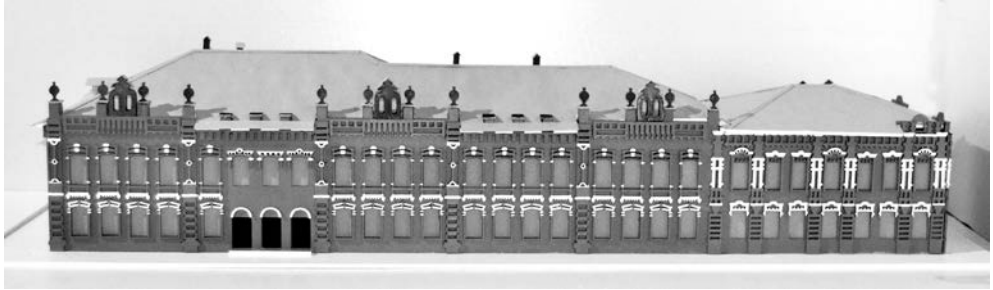


Рис. 15. Жилой дом купцов Шлыковых в начале XX в. Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда. Макет. Архитектурная реконструкция А. Прокопчук, Д. Чиненовой, рук. проф. П. П. Олейников

Военная аэрофотосъемка может служить подтверждением строительства здания по частям — на ней видны два блока жилых и вспомогательных зданий, предположительно имеющих самостоятельное планировочное решение (рис. 16). Другим подтверждением поэтапного строительства дома Шлыкова на Вознесенской площади (Дубовской улице) является частичное отсутствие подвального помещения под правым крылом здания, в то время как центральная часть здания имеет глубокий подвал с цилиндрическими сводами.

Рис. 16. Аэрофотосъемка 1942 г.

Хотя можно предположить, что подвал в правом крыле все же существовал, но его своды рухнули во время боев, в процессе восстановления подвал был частично засыпан грунтом, а надподвальные перекрытия устроены плоскими. Именно в таком состоянии это подвальное помещение находится в настоящее время. Этот вопрос требует более глубокого изучения. Дата строительства дома пока неизвестна, но в 1901 г. он уже существовал: в издании «Весь Царицын на 1902 год. Адрес-календарь. Торгово-промышленная и справочная книга», выпущенном в 1901 г., сообщается, что в собственном доме А. М. Шлыкова размещались: 2-я городская лечебница, существовала оптово-розничная торговля (бакалея) Я. П. Мерша и М. Д. Свечина [22], торговый дом «Братья Рудневы» предлагал потребителям железо, сталь и чугун, работала кондитерская А. С. Рыжкова, аптекарский магазин Б. Б. Блоха [23]. Известно, что перед революцией в доме

Шлыкова на Вознесенской площади (Дубовская, 1, затем Академическая, 1) также размещались реальное училище и учительская семинария.

В послереволюционное время по этому адресу открывается Сталинградский образцовый педагогический техникум им. В. И. Ленина. Он находился в системе Наркомпроса РСФСР и подчинялся непосредственно КрайОНО. Педагогический техникум получает в свое распоряжение оборудование кабинетов и библиотеки бывшего реального училища и учительской семинарии[49].

Техникум имел два отделения: школьное, которое готовило учителей начальных школ и заведующих школами, и дошкольное отделение, которое готовило воспитательниц и методистов детских садов и заведующих детсадами. К 1935 году техникум выпустил более 1000 учителей и воспитателей.

Во время Сталинградской битвы здание было серьезно повреждено: в октябре 1942 г. сгорели крыша и междуэтажные перекрытия, часть внутренних и наружных стен рухнули, остальные конструкции также пострадали от бомбежек, обстрелов и пожаров (рис. 17). В 1946 году в здании предполагалось открыть ремесленное училище коммунальников. Архитекторы Л. Флорианский и В. Кубиков выполнили проект «Новое строительство и реконструкция существующих зданий», по которому осуществлялось строительство.

Рис. 17. Дом Шлыкова — Сталинградский образцовый педагогический техникум. 1943 г. *Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда*

При этом левое крыло жилого дома Шлыкова претерпело существенную переделку в процессе расширения всего здания в сторону улицы Циолковского. Прежде всего изменилась этажность этой части дома с двух до трех. Решая общую композиционную задачу, в центральной части нового фасада архитекторы устраивают дополнительные пилястры, а это повлекло за собой существенное уменьшение ширины соседних окон. Одновременно исчезает пилястра между четвертым и пятым блоком левого крыла дома Шлыкова. Таким образом, сейчас можно утверждать, что лишь правое, двухэтажное крыло фасада дома Шлыкова является идентичным первоначальному облику здания и сохранило его основные особенности (рис. 18).

[49] Сталинград. Справочная книга. Краевое книгоиздательство. Сталинград. 1936. С. 179—180.URL: https://www.prlib.ru/item/371109.

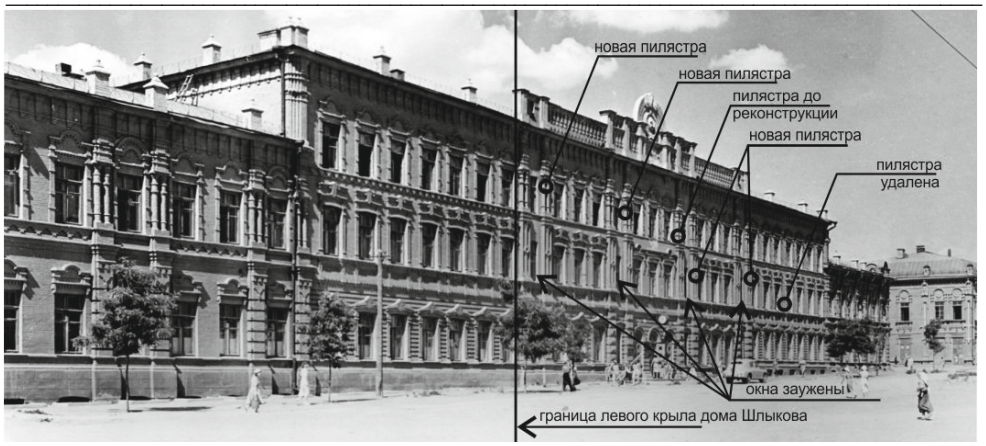


Рис. 18. Дом купца Шлыкова после реконструкции и нового строительства (современный корпус «А» Института архитектуры и строительства ВолгГТУ)

Проблема нехватки строительных кадров при восстановлении разрушенного города стала очевидной уже в первые годы после окончания войны, и принимается решение о создании строительного вуза — министр коммунального хозяйства РСФСР П. Сурин 13 декабря 1951 г. подписал приказ № 842 об организации в 1952 г. Сталинградского института инженеров городского хозяйства. Размещаться он должен в бывшем доме царицынского купца Шлыкова, который и стал частью учебного комплекса при реализации проекта нового строительства и реконструкции существующих зданий.

Позже, при составлении свода историко-архитектурного наследия Царицына — Сталинграда — Волгограда (1589—2004 гг.), корпуса здания по ул. Академическая, 1, были включены в список памятников истории и культуры Волгоградской области, подлежащих государственной охране как памятники местного значения (памятники архитектуры).

Они стали официально называться «Дом жилой купца Шлыкова и мехмастерская (инженерно-строительный институт)» [24], также указано время строительство — начало XX в., что, как мы выяснили, неверно.

Выводы:

1. Установлено, что дом Шлыкова (4-я женская гимназия) был построен в начале XX в., но не в 1862 г.

2. Дом Шлыкова на Вознесенской площади (современная Академическая, 1) построен не в начале XX в. В 1888 году он уже существовал.

3. Именно в этом доме впервые в Царицыне появился первый частный телефон.

4. Установлено, что дом Шлыкова по ул. Княгининская в 1894 г. уже существовал.

5. Установлено местонахождение лесозавода Шлыкова, одного из первых в городе Царицыне, построенного в 1882 г. — у Волги, вниз по улице Липецкой (сейчас Баррикадная).

Результаты исследования архитектурного наследия «Шлыкова местечка» в Зацарицынской части города свидетельствуют о наличии на этой территории значительного количества объектов культурного наследия, среди которых «Дом жилой купца Шлыкова и мехмастерская» (корпус «А» Института

архитектуры и строительства ВолгГТУ), «4-я женская гимназия» (Казачий театр), «Дом Шлыкова 2-й мужской гимназии» (общежитие пединститута), «Торговые лавки», «Школа-синагога», «Пожарная часть», «Дом консервщиков», «Дом грузчиков», «Служебное здание Крестовоздвиженской церкви» и десятков других памятников архитектуры.

Архитектурную и культурную историю «Шлыкова местечка» необходимо изучать и сохранять. Наилучшим решением могло бы стать создание единого туристического кластера с разработкой пешеходных маршрутов и посещением музея архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда, который находится в подвалах с цилиндрическими сводами правого крыла бывшего дома Шлыкова на Дубовской улице (Академическая, 1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Историко-географический словарь Саратовской губернии / Сост. А. Н. Минх, член Рус. геогр. о-ва. Т. 1. Южные уезды: Камышинский и Царицынский. Саратов. Типография губернского земства. 1901. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003962825/viewer/?page=5.

2. Городская черта. Царицын — Сталинград — Волгоград (административно-территориальное деление города в XX веке) : документы и материалы / под ред. М. М. Загорулько ; Волгогр. гос. ун-т, Центр документации новейшей истории Волгогр. обл., Гос. архив Волгогр. обл. Волгоград : Издатель, 2010. 640 с.

3. *Андрианова Г. Н.* Художественный облик Царицына — Сталинграда. Волгоград : Издатель, 2015. 293 с.

4. *Материкин А. В*. Собор Александра Невского : страницы истории первого царицынского кафедрального собора. 2-е изд., перераб. и доп. Волгоград : Крутон, 2017. 359 с.

5. *Серебряная В. В.* Культовое зодчество Волгоградской области : монография. Волгоград : ВолгГАСА, 2002. 336 с.

6. *Иванов С. М.* Царицынский тюремный замок как архитектурный памятник Волгограда. Вопросы краеведения : материалы краеведческих чтений. Вып. 14 : материалы XXIX краеведческих чтений / Волгогр. обл. краеведч. музей, Волгогр. обл. о-во краеведов. Волгоград : Издатель, 2018. С. 63—66.

7. *Авчухов А. Ю.* Портрет купца Василия Рысина. Вопросы краеведения : материалы краеведческих чтений. Вып. 14 : материалы XXIX краеведческих чтений / Волгогр. обл. краеведч. музей, Волгогр. обл. о-во краеведов. Волгоград : Издатель, 2018. С. 49—52.

8. *Филонич Е. Г.* Медицинское обеспечение поселений Отрада, Бекетовка, Новая Отрада в конце XIX — начале XX в. Вопросы краеведения : материалы краеведческих чтений. Вып. 14 : материалы XXIX краеведческих чтений / Вол-гогр. обл. краеведч. музей, Волгогр. обл. о-во краеведов. Волгоград : Издатель, 2018. С. 55—57.

9. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1. (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт линия, 2009. С. 29.

10. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1. (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт линия, 2009. С. 316—317.

11. *Чесалкин И. М.* Весь Царицын на 1902 год. Адрес-календарь. Торгово-промышленная и справочная книга. Царицын : Типография В. А. Кононова, 1901. С. 208.

12. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1. (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт линия, 2009. С. 190—191.

13. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1. (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт линия, 2009. С. 82—83.

14. *Орлов П. А.* Указатель фабрик и заводов Европейской России и Царства Польского. 1887. URL: https://yadi.sk/i/imNKvumEuTpetA.

15. *Орлов П. А., Будасов С. Г.* Указатель фабрик и заводов Европейской России : материалы для фабрично-заводской статистики. 3-е изд., испр. и знач. доп. С.-Петербург : Типография В. Киршбаума, 1894. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003594404/viewer/

16. *Суворин А. С.* Вся Россия. Русская книга промышленности, торговли, сельского хозяйства и администрации. Адрес-календарь Российской империи. Т. 1. 1899. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_005452503/viewer/

17. *Авчухов А. Ю.* Время и деньги. Свидетельства истории. К 130-летию со дня образования Царицынского ОГБ. Волгоград, 2012. С. 114.

18. *Швыдкий О.* Царицын в мировую войну 1914—1917. Гос. Ист.-мемор. Музей-заповедник «Сталинградская битва». 2-е изд., дораб. Волгоград, 2016. С. 176—178.

19. *Чесалкин И. М.* Весь Царицын на 1902 год. Адрес-календарь. Торгово-промышленная и справочная книга. Царицын : Типография В. А. Кононова. 1901. С. 250.

20. *Масляев В. Е.* Отчет о научно-исследовательской работе «Архитектура и градостроительство Волго-Донского междуречья». Волгоград : ВгиСИ, 1985. С. 69.

21. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1. (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт линия, 2009. С. 302.

22. *Чесалкин И. М.* Весь Царицын на 1902 год. Адрес-календарь. Торгово-промышленная и справочная книга. Царицын : Типография В. А. Кононова. 1901. С. 218, 232, 242.

23. *Фридрихсон А. И.* Весь Саратов и Царицын. Адрес-календарь, торг.-пром. и справ. кн. Саратов, 1899—1901. С. 46, 47, 29.

24. Свод историко-архитектурного наследия Царицына — Сталинграда — Волгограда (1589—2004 гг.) / С. А. Аргасцева, Л. В. Гуренко, Е. П. Жорова и др. Волгоград : Панорама, 2004.

© Олейников П. П., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Олейников П. П. Архитектурное наследие «Шлыкова местечка» Царицына // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 154—175.

Об авторе:

Олейников Петр Петрович — канд. техн. наук, профессор, член Союза архитекторов РФ, почетный архитектор РФ, директор Информационного музейно-выставочного центра, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, poleynikov@mail.ru

Petr P. Oleinikov

Volgograd State Technical University

ARCHITECTURAL HERITAGE “SHLYKOV PLACE” OF TSARITSYN

The article considers the problems of building up the 2nd part of Tsaritsyn (Zatsaritsynskaya) at the end of the XIX beginning of the XX century. The participation of merchant I of the guild A. M. Shlykov in the construction of a number of residential, industrial and religious buildings in this area. The use of these buildings for education, trade and production is shown. Biographical materials about the family of the merchant A. M. Shlykov, photographs of his family and buildings built with his support and participation. Suggestions are given for using the surviving buildings to create an extensive modern tourism cluster.

K e y w o r d s: Tsaritsyn, architecture, buildings, merchants, sawmills, temples.

For citation:

Oleinikov P. P. [Architectural heritage “Shlykov place” of Tsaritsyn]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 154—175.

About author:

Petr P. Oleinikov — Candidate of Engineering Sciences, Professor, the member of the Union of Architects of the Russian Federation, Architect of Honour of the Russian Federation, Director of the Informational Museum-Exhibition Center, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, poleynikov@mail.ru

УДК 726.5

Н. В. Иванова[а,б], В. Я. Дергилев[а], А. А. Строганов[а]

[а] Волгоградский государственный технический университет
[б] Волгоградский государственный аграрный университет

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ ХРАМОВ ВОЛГОГРАДА

Приводятся исследования территорий храмов Волгограда и анализ возможности адаптации церквей города для маломобильных групп населения. Представлены концепция проектирования и реконструкции территории храма Рождества Пресвятой Богородицы в Волгограде в соответствии с современными положениями организации доступной среды и рекомендациям СНиП. Анализ опыта проектирования позволит по-новому оценить варианты выстраивания безбарьерной среды для граждан с ограниченными возможностями и формирования комфортного пространства для прихожан.

Ключевые слова: храм, доступная среда, проектирование, маломобильные группы граждан.

Государство и общество в России решают сложные задачи адаптации маломобильных групп населения к современной жизни согласно задачам федеральной целевой программы (ФЦП) «Доступная среда» для инвалидов, действие которой продлено до 2025 г. Статистические данные показывают, что среди населения Российской Федерации 9 % граждан имеют инвалидность и многие из них хотели бы активно участвовать в жизни общества[1]. По нормативным документам РФ к маломобильным группам населения (без инвалидности) относятся лица от 60 лет, временно нетрудоспособные, беременные, дошкольники, для которых также планируются мероприятия по созданию условий повышения уровня и качества жизни в социальной сфере. Цели и задачи ФЦП «Доступная среда» направлены на преодоление разделения населения по критериям физических возможностей и обеспечение равного доступа к объектам сфер жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения, к числу которых относятся городские церкви[2].

Создание безбарьерной среды в храмах и на прилегающей территории является основополагающим звеном в комплексном подходе к вопросам по адаптации церковного строения для посещения различными группами прихожан. Проектирование доступной среды, обсуждение и анализ элементов адаптации храма, возможность оказания ситуационной помощи, разбор основных ошибок, выстраивание доступной среды в храм становятся темами практических конференций, проходящих во многих российских городах и церквях. Создаются документы, разработанные на основе СП 391.1325800.2017 «Храмы православные. Правила проектирования», с целью совершенствования правил проектирования православных храмов, обеспечивающих безопасность пользова-

[1] Целевая государственная программа «Доступная среда» в 2019—2020 гг. URL: http://lgoty-vsem.ru/lgoty/programma-dostupnaya-sreda-dlya-invalidov.html.

[2] СП-31-103—99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4294849.

ния зданий, их доступность для маломобильных групп населения. В настоящий момент проектирование выполняется в соответствии с действующими нормами[3] и следующими документами:

ПБ 10-403-01 «Правила устройства и безопасной эксплуатации платформ подъемных для инвалидов»;

ГОСТ Р 56421—2015 «Платформы подъемные для инвалидов и других маломобильных групп населения. Требования безопасности и доступности»;

ГОСТ Р 52875—2007 «Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению»;

ГОСТ Р 51261—99 «Устройства опорные стационарные реабилитационные. Типы и технические требования»;

СП 138.13330.2012 «Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения» и др.

С их помощью будет обеспечиваться не только безопасность вновь строящихся церквей, но и их доступность для маломобильных групп населения, предусмотрены мероприятия для удобного доступа маломобильных групп населения и пользования помещениями. Требования нового свода правил распространяются на проектирование новых и капитально ремонтируемых и реконструируемых зданий, сооружений и комплексов православных зданий, а также домовых церквей, встроенных в здания другого назначения [1]. Синодальным отделом по благотворительности было выпущено методическое пособие «Как сделать храм доступным для всех: технические нормы и архитектурные решения», где обобщаются технические требования к обеспечению доступности храмов для инвалидов с проблемами в передвижении, пожилых, слепых и слабовидящих людей, прихожан с детскими колясками [1].

Особый интерес вызывают вопросы градостроительного формирования доступной среды для маломобильных групп населения на прихрамовой территории. С одной стороны, проектирование испытывает ограничения, которые возникают при изучении участка, расположенного в уже сложившейся застройке города; с другой стороны, программа по организации территории церкви должна быть скорректирована с соблюдением канонических требований православных строительных традиций. Нельзя забывать, что в современ-

[3] СП-31-103—99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4294849.

СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01—2001. URL: http:// niprf.ru/sp59-13330-2012-change1.

СП 59.13330.2016. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Актуализированная редакция СНиП 35-01—2001. URL: http://docs.cntd.ru/document/456033921.

СП 136.13330.2012. Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения (с Изменением № 1). URL: http:// docs.cntd.ru/document/1200102572.

СП 140.13330.2012. Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения. М. : Госстрой, 2013. 55 с.

СП 35-105—2002. Реконструкция городской застройки с учетом доступности для инвалидов и других маломобильных групп населения. URL: http://gostrf.com/norma_data/10/10148/.

ной архитектурной деятельности особенно тщательно прорабатываются вопросы адаптации церквей для инвалидов, создания доступной среды и комфортности с точки зрения выполнения технологических процессов.

Доступная среда рассматривается как среда, в которую могут свободно заходить и перемещаться прихожане при соблюдении доступности, безопасности, удобства и информативности зданий для нужд маломобильных групп населения без ущемления прав и возможностей других людей. «Доступная среда» храмов — специальные элементы окружающей среды, используемые людьми с физическими, сенсорными или интеллектуальными нарушениями, включающие объекты социальной, инженерной и транспортной инфраструктур, обустроенные в соответствии с требованиями, установленными строительными нормами и правилами, предназначенными для проектирования зданий, доступных маломобильным гражданам[4].

Одним из примеров успешного приспособления территории для маломобильных групп населения является доступная среда Кафедрального собора г. Калининграда[5]. Комфортность среды пребывания людей с ограниченными возможностями здоровья достигалась архитектурно-строительными мероприятиями: установкой визуальной информации; оборудованием специальными санитарно-техническими приборами; безопасными линиями движения с помощью пандусов и др. Концертный зал собора в настоящее время стал доступен для лиц и с ограниченными возможностями передвижения.

Задачи по организации доступной среды на территории храмов начали решать в церквях, расположенных на территории Волгограда и области.

История развития православных церквей в Царицыне — Волгограде

Первые упоминания о церквях, построенных в Царицыне, относятся к «Церкви прихода», возведенной в 1588 г. В период с 1800 по 1860 г. в городе были построены: Успенская соборная (1718 г.); Скорбященская (1837 г.); Вознесенская (1864 г.); Покровская (1826 г.) [2, 3].

На рубеже XVII и XVIII вв. в Царицыне строятся первые каменные церкви Иоанно-Предтеченская (рис. 1) и Свято-Троицкая (рис. 2).

Рис. 1. Иоанно-Предтеченский храм

Рис. 2. Троицкий храм

[4] Критерии качества архитектурной среды для нужд инвалидов. URL: http://invasait.ru/dostupnaya/kriterii-kachestva-arhitekturnoi-sredy-dlya-nuzhd-invalidov.

[5] Информация о доступности Кафедрального собора для маломобильных групп населения. URL: http://www pandia.ru/text/81/269/85084.php.

В 1914 году в Царицыне было 16 церквей, а в 1915 уже 18 храмов.

В советский период в Сталинграде действовал один храм — Казанский собор, Никитская церковь в Бекетовке, расположенной за чертой города.

В Волгограде на протяжении последних 20 лет было построены десятки храмов в разных районах города: храм иконы Божией Матери «Знамение» (Советский район); храм «Всех Святых» (Центральный район); храм «Иоанна Кронштадтского» (Краснооктябрьский район); храм «Преображение господне» (район Спартановки) и др.

Некоторые церкви создавались при реорганизации недействующих общественных зданий (кинотеатры, дома культуры): храм «Ильинский» (кинотеатр «Нефтяник»), храм «Князя Владимира» (ДК «Силикатчиков»), «Похвала Пресвятой Богородицы» (кинотеатр «Мир»).

Анализ территорий церквей г. Волгограда

В Волгограде на сегодняшний день ведется строительство новых храмов (в Красноармейском районе, поселке Татьянка-1 и т. д.), благоустройство и реставрация общественных зданий, переданных Русской православной церкви и реорганизованных под храмы. Завершается строительство главного собора города — собора Александра Невского [4]. Храмовые постройки должны отвечать требованиям доступной среды, по этим критериям были исследованы некоторые приходы Волгоградской епархии (табл. 1).

Проведенные исследования показывают, что не все территории храмов оборудованы для доступа инвалидов, детскими площадками и озеленением; некоторые обладают незначительной входной территорией, что усложняет осуществление технологических процессов. Здания церкви могут иметь статус историко-культурного памятника, вмешательство в его облик имеет ряд ограничений и создание доступности в храме не должно нарушать его архитектурной целостности, используя принцип «разумного приспособления»[6] [5].

Исторический анализ строительства здания храма Рождества Пресвятой Богородицы, Волгоград

В 1955 году по типовому проекту «Кинотеатр на 600 мест» архитектором С. И. Якшиным был построен кинотеатр «Энергия», который пользовался популярностью у жителей города[7].

В 1995 году здание заброшенного кинотеатра было передано в Русскую православную церковь для организации в нем храма Рождества Пресвятой Богородицы (рис. 3). В 1999 году были обустроены верхние залы и установлен большой купол с крестом. Храм оборудовался как двухпрестольный: главный придел посвящался празднику Рождества Богородицы, а второй — святому Спиридону Тримифунтскому. Интерьеры здания реорганизованы под храмовое пространство (освещение, покрытие пола и стен интерьера).

---

[6] СП-31-103—99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4294849.

СП 136.13330.2012. Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения (с Изменением № 1). URL: http:// docs.cntd.ru/document/1200102572.

СП 140.13330.2012. Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения. М. : Госстрой, 2013. 55 с.

[7] Рождества Пресвятой Богородицы // Волгоград Православный. URL: http://www.volgaprav.ru/hramy_volgograda/krasnoarmejskij-rajon/rozhdestva-presvyatoj-bogorodicy/

В нижнем этаже расположился центр православной культуры, работает воскресная школа, в которой кроме всех обычных предметов изучается резьба по дереву, хоровое пение и для православных христиан, обучение колокольному звону в рамках церковной русской традиции звонарского искусства.

Во дворе в 1999 г. была устроена часовня. В настоящие время приход храма Рождества Пресвятой Богородицы является одним из самых крупных приходов южной части нашего города (рис. 4).

Таблица 1

Анализ территории церквей г. Волгограда

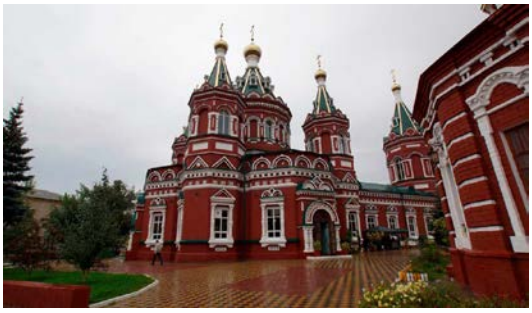
Название храма	Краткая характеристика благоустройства территории	Фотография
Собор Казанской Божьей Матери (Ворошиловский район)	Территория входной группы замощена брусчаткой, присутствует озеленение	
Храм Преподобного Сергия Радонежского (Центральный р-н)	Территория благоустроена, озеленена, имеет входную группу, просторное пространство перед храмом, ограждена металлическим забором с элементами ковки	
Храм Похвалы Пресвятой Богородицы (Ворошиловский р-н)	Территория благоустроена, имеет ограждение, мощение, пространство перед храмом занимает небольшую площадь, во дворе храма устроена детская площадка	

Рис. 3. Кинотеатр «Энергия», 1995 г.

Рис. 4. Храм Рождества Пресвятой Богородицы, 2019 г.

Концепция проекта по обеспечению доступа инвалидов в храме Рождества Пресвятой Богородицы

Общая идея проекта опиралась на требования действующего законодательства, задания на проектирование, предпроектного историко-градостроительного анализа территории. Проектирование было направлено на проведение ремонтно-реставрационных работ по адаптации для инвалидов и маломобильных групп населения помещений на объекте культурного наследия Волгограда. Основными задачами проектных работ стали: организация удобного расположения входных групп, оптимальных характеристик дверей, коридоров и основных функциональных зон; безбарьерных путей передвижения инвалидов, интеграция оборудования, материалов, средств указателей, озеленения, необходимых для маломобильных групп населения [6]. Также был сделан комплексный проектный анализ территории с видением будущего развития храма и территории, учитывающей доступность для всех категорий граждан, детей с ограничениями здоровья [7, 8].

Комплекс работ по проектированию безбарьерной среды храма Рождества Пресвятой Богородицы был разделен на этапы. Первый этап по формированию доступной среды храма — предпроектный анализ — был направлен на полноту и точность разработки проекта и включал сбор исходных данных (нюансы расположения, градостроительные и технические особенности зданий и территорий, др.) (рис. 5).

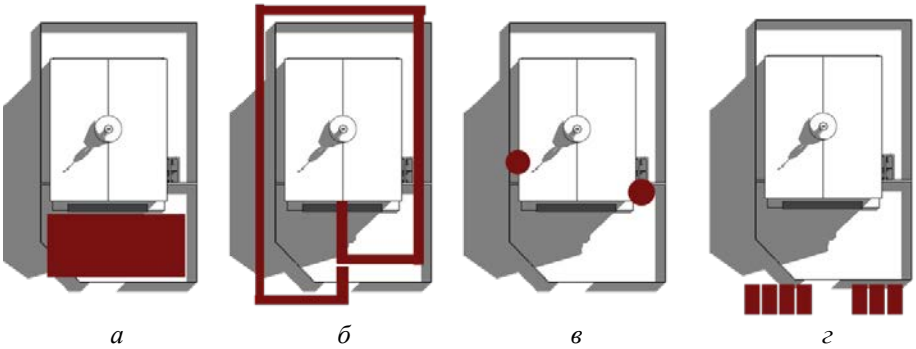


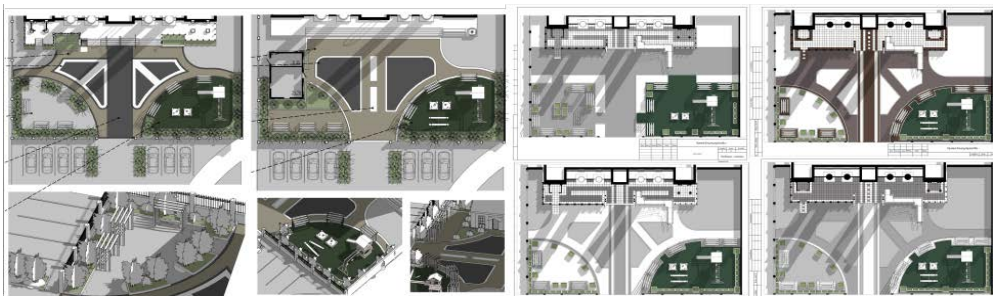
Рис. 5. Технологический анализ прихрамовой территории: *а* — место наибольшего скопления людей в праздники; *б* — траектория совершения крестного хода; *в* — входы в помещения обслуживания; *г* — возможность устройства парковки за пределами двора храма

Второй этап адаптации храма для инвалидов: предложенные вопросы организации доступа для инвалидов на исследуемом объекте потребовали разъяснений (цели и задачи проектирования разных участков территорий) (рис. 6).

а *б*

Рис. 6. Итоговое решение пристройки: *а* — вид слева от входа; *б* — вид справа от входа

Для обсуждения были предоставлены подробные обоснования проектных решений озеленения, участки и рисунки мощения [9, 10] (рис. 7).



а *б*

Рис. 7. Варианты озеленения и мощения площади: *а* — варианты решения озеленения площади; *б* — варианты решения мощения площади

Выполнение проекта по комплексной адаптации объекта для инвалидов и маломобильных групп населения, согласно действующей нормативной документации, включал разделы по созданию доступной среды на прихрамовой территории (организация озеленения, благоустройство участка, детская площадка, главная входная площадка с пандусами) и реорганизация внутреннего пространства (специальные туалеты для инвалидов, рис. 8).

Вход в здание вызывает ряд сложностей у маломобильных групп населения. При перепаде высот при входе в здание создание равных условий доступности и комфорта для всех групп людей было достигнуто устройством удобных пандусов социального назначения для МГН, индивидуальным проектированием входных площадок, дверных проемов, тамбуров, тамбуров-шлюзов с учетом архитектуры здания храма [11, 12].

Выводы: проведенное обследование территорий церквей города Волгограда и архитектурно-ландшафтное проектирование пространства для свободного передвижения маломобильных групп населения позволили органи-

зовать общественные участки, доступные для прихожан с ограничениями по здоровью для беспрепятственного перемещения по зданию, общению, личностному духовному развитию, пребыванию детей (в том числе и инвалидов) на специальной детской площадке. В проекте создания комплексной доступной среды и благоустройства предусматривалось выделение участков с оборудованными площадками и защитным озеленением для отдыха и развлечений; создание дорожно-тропиночной системы, предназначенной для круглогодичного использования; рациональное размещение стоянок [8], рис. 9.

Рис. 8. Специальный туалет для инвалидов

Рис. 9. Доступная среда в храме Рождества Пресвятой Богородицы, 2019 г.

Таким образом, в результате выполнения проектных работ, проведения перепланировки здания и территории, подбора индивидуального для объекта оборудования была создана доступная среда в храме Рождества Пресвятой Богородицы, критериями которой стали: информативность, безопасность направлений движения; доступность перемещения внутри и комфорт использования оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чистый С. В., Зальцман, Т. В.* Как сделать храм доступным для всех: технические нормы и архитектурные решения. М. : Лепта Книга, 2015. 112 с. URL: http://www.diaconia.ru/book/566689b6416da1bf138b4577.

2. *Иванов С. М., Супрун В. И.* Православие на волгоградской земле: храмы Царицына — Сталинграда — Волгограда. Волгоград : ВГИПК РО, 2003. 240 с.

3. *Матеркин, А. В.* Храм Иоанна Предтечи. Волгоград : Комитет по печати и информации, 1999. 176 с.

4. *Материкин А. В.* Собор Александра Невского: страницы истории первого царицынского кафедрального собор. Волгоград, 2017. 259 с.

5. *Щукин, Т.* Инвалиды в Церкви: интеграция, а не резервация (часть I, II) // Живая вода. 2014. № 10. С. 8—15. URL: http://www aquaviva.ru/journal/invalidy-v-...

15.

6. *Иванова Н. В., Антонова Н. Н.* Ландшафтные мероприятия при формировании адаптивной среды для маломобильных групп населения в рекреационных пространствах города // Вестник Волгоградского гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. № 46(65). С. 220—237.

7. *Иванова Н. В., Сиренко Н. В.* Проект интегрированной площадки для детей с ограниченными возможностями // Пространства городской цивилизации: идеи, проблемы, концепции : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения основателя Свердлов. архит. ин-та, д-ра архитектуры, нар. архитектора СССР Н. С. Алферова, 4—5 окт. 2017 г. / Урал. архит.-худож. ун-т и др. ; ред.-сост. Л. П. Холодова. Екатеринбург : УрГАХУ, 2017. С. 64—65.

8. *Иванова, Н. В., Гуров Д. А.* Проектирование игровых объектов для особых детей // Пространства городской цивилизации: идеи, проблемы, концепции : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения основателя Свердлов. архит. ин-та, д-ра архитектуры, нар. архитектора СССР Н. С. Алферова, 4—5 окт. 2017 г. / Урал. архит.-худож. ун-т и др. ; ред.-сост. Л. П. Холодова. Екатеринбург, 2017. С. 61—63.

9. *Иванова Н. В.* Озеленение городских территорий для использования маломобильными группами населения // Новые идеи нового века — 2016 : материалы XVI Междунар. науч. конф. В 3 т. Т. 2 / ФГБОУ ВО «Тихоокеанский гос. ун-т» и др. Хабаровск, 2016. С. 114—120.

10. *Иванова Н. В.* Рекомендации по озеленению городского пространства для людей с ограниченными возможностями здоровья в подготовке ландшафтных специалистов // Новые идеи нового века — 2016 : материлы XVI Междунар. науч. конф. В 3 т. Т. 2 / ФГБОУ ВО «Тихоокеанский гос. ун-т» и др. Хабаровск, 2016. С. 444—449.

11. *Скрипкин П. Б., Шаманов Р. С., Михеева Н. А.* Существующие проблемы доступной среды маломобильных групп населения в России и странах мира и мероприятия по их устранению // Молодой ученый. 2014. № 20. С. 217—220.

12. *Хачатрянц К. К.* Об архитектурной среде для маломобильных групп населения // Бюллетень Национального объединения строителей. 2011. № 7. С. 92—106.

© Иванова Н. В., Дергилев В. Я., Строганов А. А., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Дергилев В. Я., Строганов А. А. Проектирование доступной среды в общественных пространствах храмов Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 176—185.

Об авторах:

Иванова Нина Васильевна — канд. арх., профессор, профессор кафедры архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; профессор кафедры садоводства и защиты растений, Волгоградский государственный аграрный университет (ВолГАУ); Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26, https://orcid.org/0000-0002-2472-1705, ivanovaninav@mail.ru

Дергилев Виктор Яковлевич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ololoabdurauf@yandex.ru

Строганов Алексей Андреевич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, Alex2010Ale@yandex.ru

Nina V. Ivanova[a,b], Viktor Ya. Dergilev[a], Aleksei A. Stroganov[a]

[a] ***Volgograd State Technical University***

[b] ***Volgograd State Agrarian University***

DESIGN OF ACCESSIBLE ENVIRONMENT IN PUBLIC SPACES OF VOLGOGRAD CHURCHES

Investigations are made of the territories of Volgograd temples and an analysis of the possibility of adapting the city's churches for people with limited mobility. The concept of designing and reconstruction of the territory of the Church of the Nativity of the Blessed Virgin Mary in Volgograd is presented in accordance with modern provisions for organizing an accessible environment and the recommendations of SNiP. An analysis of the design experience will make it possible to re-evaluate the options for building a barrier-free environment for people with disabilities and creating a comfortable space for parishioners.

K e y w o r d s: church, accessible environment, design, people with limited mobility.

For citation:

Ivanova N. V., Dergilev V. Ya., Stroganov A. A. [Design of accessible environment in public spaces of Volgograd churches]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 176—185.

About authors:

Nina V. Ivanova — Candidate of Architecture, Professor, Professor of Urban Development Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation; Professor of Department of Horticulture and Plant Protection, Volgograd State Agrarian University; 26, Universitetskii Ave, Volgograd, 400002, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0002-2472-1705, ivanovaninav@mail.ru

Viktor Ya. Dergilev — Student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ololoabdurauf@yandex.ru

Aleksei A. Stroganov — Student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, Alex2010Ale@yandex.ru

УДК 624.19

А. В. Макаров, М. А. Павлова, Л. Е. Дегтярева

Волгоградский государственный технический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОСТРАНСТВА В ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДАХ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

В статье рассмотрены проблемы современного города, связанные с безопасным пересечением магистральных дорог и увеличивающие пропускную способность дорожной сети. Приведены основные типы пешеходных переходов тоннельного типа, часто используемые в городах. Предложена организация подземных общественных пространств, совмещенных с пешеходными переходами. Рассмотрены достоинства подземных помещений, привлекающих жителей города. Это такие достоинства, как естественное освещение, климатическая комфортность и доступность объекта.

Ключевые слова: подземный переход, пешеход, общественное пространство, комфортная среда, подземное пространство, безопасность, освещенность.

Город Волгоград — крупнейший, промышленный и культурный центр южного региона России. Сейчас в Волгограде проживает чуть больше миллиона человек. Город имеет уникальную застройку. Его протяженность вдоль реки Волги составляет около 60 км. При этом имеются только две транспортные продольные магистрали.

Существующая транспортная система давно перестала удовлетворять требованиям сегодняшнего дня. Автомобильный поток вырос, а основные транспортные проезды остаются прежними. В результате на дорогах возникают пробки, особенно в часы-пик, газующие при старте автомобили ухудшают экологию города и возрастает нервозность водителей и пешеходов на переходах. Решать эту проблемы можно разными способами:

1) уширить проезжую часть существующих городских дорог;

2) построить новые дороги для транзитного транспорта;

3) регулировать движение транспорта и пешеходов светофорами [1, 2];

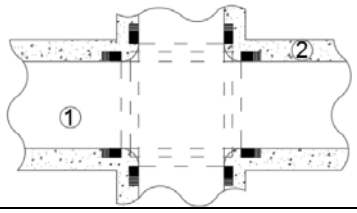
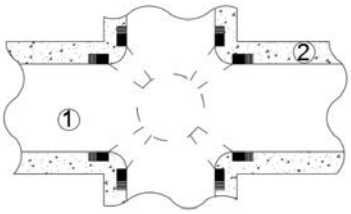
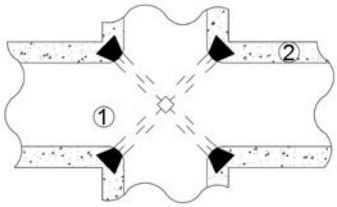
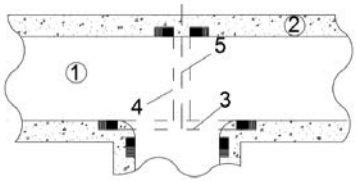
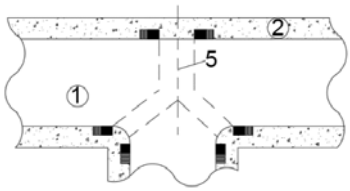
4) увеличить пропускную способность дорог за счет строительства подземных и надземных пешеходных переходов.

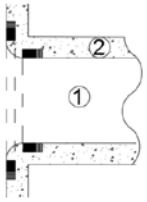
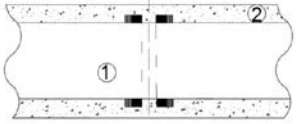
Все способы решения транспортных проблем финансово затратные, но без этого не решить задачи развития и совершенствования городской среды обитания. Современное понимание комфортной городской среды — это город для человека [3, 4]. Естественный конфликт человека и автомобиля должен решаться в пользу человека — жителя города. Горожане являются участниками дорожного движения: и те, кто ходит пешком, и едущие в автомобилях, и ущемлять чьи бы то ни было интересы недопустимо. Для удобного перемещения по городу людям необходимы пешеходные переходы, но их количество затормаживает движение транспорта и создает пробки на переходах [5]. Решить проблему можно, если разделить потоки, убрать пешеходов с проезжей части основных магистралей города [6].

Пешеходные переходы размещают под землей, что гораздо комфортнее надземных переходов мостового типа. В этом случае пешеход находится в

безопасности, не подвергает свою жизнь риску и не мешает движению автомобилей [7, 8].

Существует несколько основных типов пересечения городских улиц и соответствующие им схемы подземного (тоннельного типа) их пересечения, приведенные в табл. Данные сгруппированы по типам пересечения. Эти пересечения, конечно, не являются исчерпывающими и могут служить для организации подземного пересечения конкретных улиц и перекрестков исходя из стоящих перед проектировщиком задач.

Наименование перехода	Характеристика перехода	Схема пересечения
1. Переходы на пересечении 2 улиц		
а) прямоугольный переход	Лестничные сходы развернуты к потокам движения пешеходов, подземные пространства соединяют углы перекрестков	
б) переход с центральным залом	Лестничные сходы развернуты к потокам движения пешеходов, подземное пространство имеет центральный зал, к которому ведут скрещивающиеся подходы	
в) Х-образный переход	Лестничные сходы развернуты под 45° к потокам пешеходов, подземное пространство скрещиваются в центре перекрестка	
2. Переход на примыкании улицы (Т-образный перекресток)		
а) Т-образный переход	Лестничные сходы развернуты вдоль к потокам движения пешеходов, тоннели *3*, *4* пересекает примыкающую улицу, а *5* расположен по оси примыкающей улицы и пересекает главную улицу	
б) V-образный переход	Лестничные сходы развернуты вдоль к потокам движения пешеходов, тоннель *5* проходит по оси примыкающей улицы и разветвляется к углам примыкающей улицы	

Наименование перехода	Характеристика перехода	Схема пересечения
в) переход через примыкание	Сходы развернуты к потокам движению пешеходов, подземное пространство пересекает примыкающую улицу	
3. Переход через улицу		
	Сходы развернуты к потокам движения пешеходов, подземные пространства пересекают улицу.	

Обозначения: *1* — проезжая часть; *2* — тротуар; *3* — угол примыкающих улиц; *4* — тоннель вдоль оси премыкающих улиц; *5* — лестничные сходы.

В современных городах к общественным пространствам предъявляются достаточно широкие требования. Это и безопасность, и транспортная доступность, и общедоступность, и комфортность [9, 10]. Но главным является интерес жителей к этому месту — к активному его посещению. Примером может служить факт, когда в начале нулевых годов в Волгограде открылись сразу четыре небольших кофейни по углам пересечения Аллеи Героев и улицы Советской. Место сразу стало модным в молодежной среде, его назвали «Квадрат». Здесь кипела жизнь: молодежь встречалась, общалась, заводила новые знакомства. Постепенно кофейни закрылись или преобразовались в кафе, место потеряло притягательную силу.

Создаваемое общественное пространство должно быть привлекательным для каких-то групп населения. Без этого они не станут местом притяжения жителей. Такие пространства обычно примыкают к береговой линии рек, озер, морей [11]. Водная гладь решает сразу несколько задач: визуально расширяет пространство, увлажняет и делает комфортной воздушную среду, частично включается в активное пространство и размещает объекты этого пространства. Плотность застройки в центральной части города не позволяет размещать новые общественные пространства: культурно-массовые, торговые объекты на дневной поверхности. Необходимо шире использовать подземные пространства города.

Если пешеходные переходы сделать частью подземных пространств, тогда они становятся более комфортными, а пространства более доступными. Такие переходы необходимо устраивать в местах больших потоков пешеходов и широких улиц.

В результате исследования движения транспортно-пешеходных потоков выявлены места в центре города, где необходимо сооружение новых подземных переходов.

Одним из мест затрудненного движения транспорта в Волгограде является пересечение проспекта Ленина с пешеходной Аллеей Героев. Там работают три регулируемых перехода с расстоянием в сто метров. Это, конечно,

удобно жителям, но не способствует безостановочному движению транспорта. Предлагается убрать два светофора и устроить подземный переход, совмещенный с подземным пространством (рис. 1). Подземное помещение площадью 1000 м^2 не будет лишним в центре большого города [12]. Подземное общественное пространство станет особенно комфортным, если будет иметь естественное освещение.

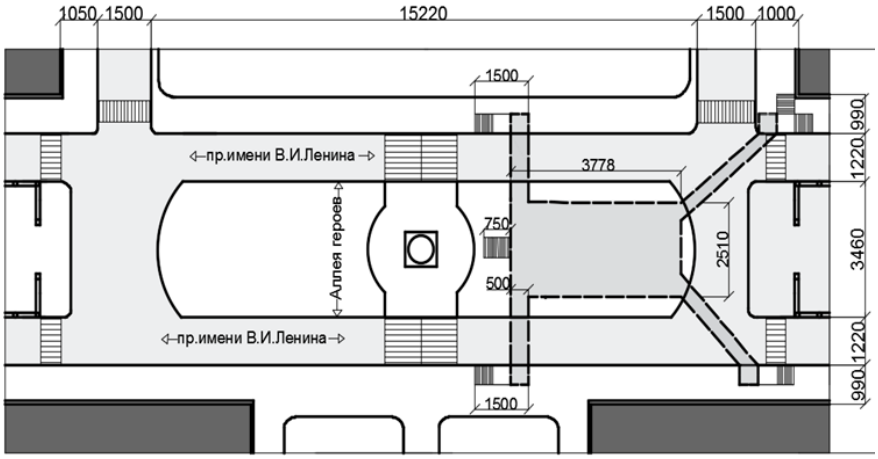


Рис. 1. Подземное пространство с пешеходным переходом на пересечении Аллеи Героев

Система естественного освещения должна обеспечивать: нормированные значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) в расчетной точке помещения; регламентируемые требования к равномерности распределения КЕО — максимальное время использования естественного освещения. Значение КЕО в жилых и общественных зданиях определяют по формуле:

$$e_N = e_H m_N, \quad (1)$$

где N — номер группы административных районов определяется по приложению Е СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»; e_H — нормативное значение КЕО определяется по приложению КСП 52.13330.2011; m_N — коэффициент светового климата, принимаемый по таблице 4 СП52.13330.2011.

Проблему естественного освещения решит световой фонарь (рис. 2, *б*). Его следует разместить под пешеходной зоной, что не нарушит движения во время строительства.

Совмещая общественное пространство с переходом, необходимо разделить потоки пешеходов с людьми, находящимися в этом пространстве. Пешеходные зоны *5* (рис. 2, *а*) позволяют перемещаться в подземном пространстве, не мешая работе киосков, кафе, галерей. Размещая общественное пространство под землей, важно устроить его естественное освещение. Для этого над центральной частью пространства предлагается запроектировать световой фонарь (рис. 2, *б*), с помощью которого общественное пространство будет освещаться в дневное время. Фонарь, выполненный из светопрозрачного материала в виде пирамиды или купола, украсит Аллею Героев. Его ночная

подсветка будет привлекать внимание и к подземному пространству. Расчет опорных конструкций пирамиды, опирающихся на основание, возможно проводить с использованием сплайн-функций [13].

Южные города России в летний период находятся в зоне высоких температур. Жара стоит такая, что днем жизнь в городе замирает. Подземные помещения в это время станут настоящими оазисами, привлекающими горожан и гостей города. В зимние месяцы ветер и морозы не позволяют людям долго оставаться на улице. Мероприятия, проходящие в подземном пространстве, защищены от холода и могут разнообразить жизнь горожан без дополнительных финансовых затрат, в сравнении с кафе и театрами.

Важным вопросом создание таких объектов в центре города является организация пространства строительной площадки, которая может существенно усложнить работу городского транспорта, проезд автомобилей и проход жителей. Однако если применять современные технологии строительства, то неудобства можно свести к минимуму. Так, работы по созданию несущих конструкций вне проезжей части улиц можно выполнять без котлованов методом «стена в грунте». Под проезжими частями улиц работы по устройству подземных переходов выполняются способом продавливания без вскрытия поверхности [14, 15].

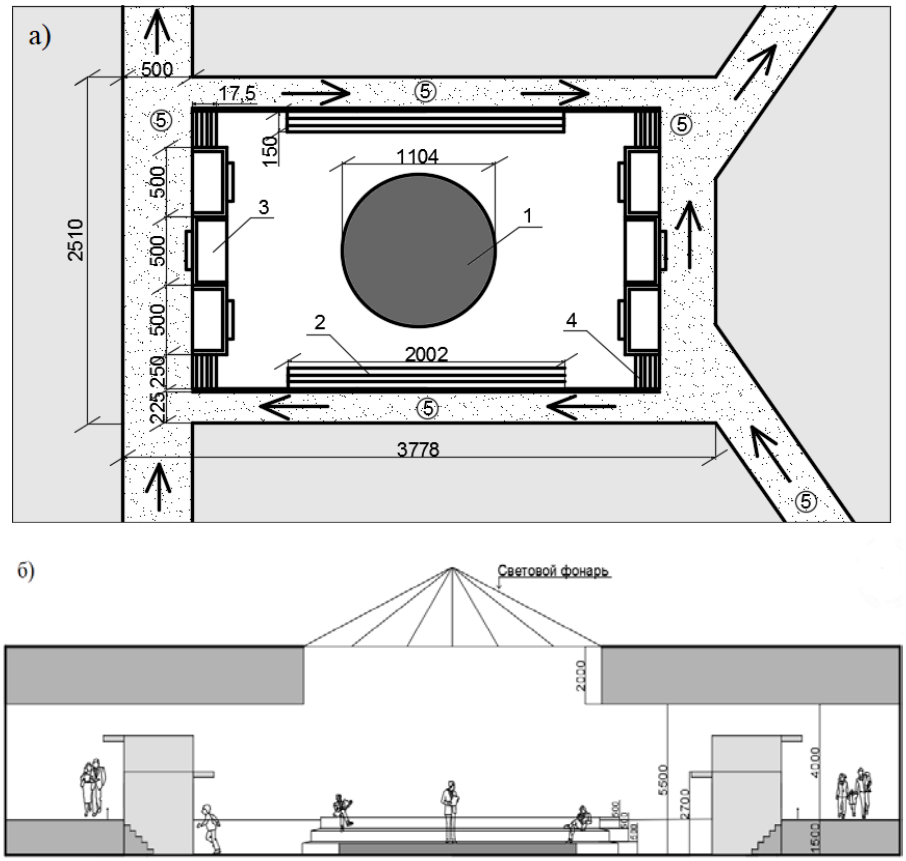
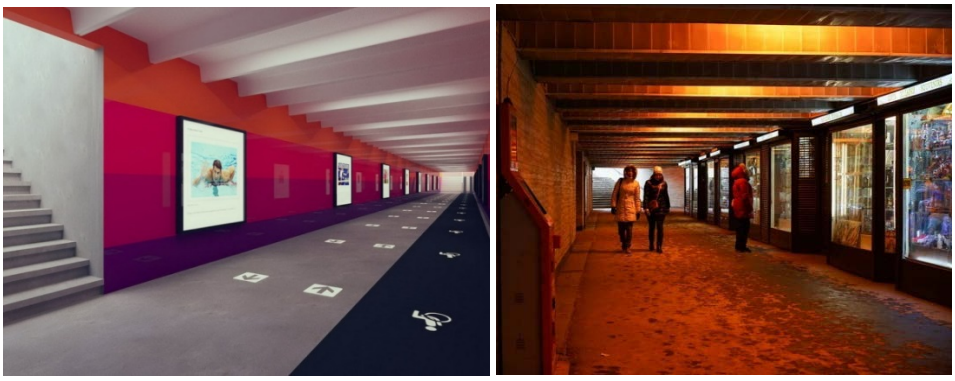


Рис. 2. Организация подземного пространства под аллеей: *а* — разрез; *б* — план: *1* — сцена; *2* — трибуны; *3* — киоски; *4* — лестница; *5* — зона переходов

Переход возможно совместить с подземным пространством (ширина улицы позволяет), где можно разместить торговые павильоны, галереи (рис. 3) или оригинальное подземное кафе.



а *б*

Рис. 3. Подземное общественное пространство: *а* — галерея; *б* — торговые павильоны

Основные выводы:

1. Создаваемое общественное пространство должно быть интересным для жителей города или для социально активных групп населения.

2. Совмещая пешеходный переход тоннельного типа с подземным общественным пространством, можно повысить безопасность пешеходов и включить людей в общественную жизнь города.

3. Востребованность таких мест вырастает в холодные зимние и знойные летние дни, когда открытые пространства становятся погодонекомфортными.

4. Устройство системы естественного освещения подземных общественных пространств экономят электроэнергию, создают естественную среду, а пирамида-фонарь станет оригинальной конструкцией — арт-объектом.

5. Строительство подземного пространства с пешеходными переходами при правильной организации и современной технологии не затруднит движение автотранспорта на главной магистрали города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Витолин С. В.* Светофорное регулирование и безопасность дорожного движения // Дороги и мосты. 2019. № 41/1. С. 138—150.

2. *Витолин С. В.* Управление транспортными потоками при перегрузках на улично-дорожной сети города // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 12. С. 211—219.

3. *Гейл Я.* Города для людей / Пер. с англ. А. Токтонов. М. : Концерн «Крост» : Альпина Паблишер, 2012. 263 с.

4. *Зырянов В. В., Семчугова Е. Ю.* Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 (Часть 1). URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1083.

5. Обзор методов проектирования архитектур интеллектуальных транспортных систем / В. С. Лапшин, Д. М. Елькин, С. А. Кучеров, Ю. И. Рогозов // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5422.

6. Подземные пешеходные тоннели на загруженных магистралях / А. В. Макаров, М. А. Павлова, Л. Е. Дегтярева, Т. В. Ерещенко // Инженерный вестник Дона. 2019. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5784.

7. *Моисеева О. В., Клевеко В. И.* Учет безопасности движения пешеходов и стоимости строительства при выборе рационального типа пешеходного перехода // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 8. № 2(2). С. 90—93.

8. Подземный пешеходный переход — безопасное решение транспортных проблем / Н. В. Александров, А. Ю. Старков, А. Н. Ревва, П. А. Колпаков. URL: undergroundexpert.info/issledovaniya-itehnologii/tehnologii/ podzemnyj-perehod-reshenie-problem.

9. *Алпатов С. Н.* Концепция развития подземного пространства для повышения качества городской среды // Информационный портал «Подземный эксперт». URL: undergroundexpert.info/ issledovaniya-itehnologii/nauchnye-stati/razvitiye-podzemnogo-prostranstva-gorodov.

10. *Ivanova N. B., Ganzha O. A.* The Architectural and Ecological Features of the Underground Development of the Ravine Network in a Riverside City (on the Example of Volgograd) // Procedia Engineering. 15th International scientific conference «Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development» (St. Petersburg, Russia, 12—15 September 2016). 2016. Vol. 165. Pp. 1006—1015.

11. *Ерышева Е. А., Моор В. К.* Современная практика реконструкции и устойчивого развития культурных ландшафтов прибрежных городов // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2016. № 2(27). URL: www.dvfu.ru/upload/medialibrary/4eb/2016-3-9.pdf.

12. *Семенова О. С., Коломасова С. А.* Тенденции градостроительной политики освоения подземного пространства в городах России // Градостроительство. 2014. № 3(31). С. 53—60.

13. *Катеринина С. Ю.* Расчет балочных конструкций на винклеровском основании методом сплайн-аппроксимаций // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 48(67). С. 109—118.

14. *Маковский Л. В., Чан В. Л.* Современная технология строительства тоннелей методом продавливания // Вестник Московского автомобильно-дорожного гос. техн. университета (МАДИ). 2018. № 2(53). С. 98—103.

15. *Allenby D.* Jacked box tunneling: Using the Ropkins System TM, a non-intrusive tunneling technique for constructing new underbridges beneath existing traffic arteries // Institution of Mechanical Engineers. London, 2007. 24 p.

© Макаров А. В., Павлова М. А., Дегтярева Л. Е., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Макаров А. В., Павлова М. А., Дегтярева Л. Е. Организация общественного пространства в подземных переходах города Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 186—193.

Об авторах:

Макаров Александр Владимирович — канд. техн. наук, доцент кафедры изысканий и проектирования транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1, info@vgasu.ru

Павлова Мария Александровна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074 г. Волгоград, ул. Академическая 1, mari_pavlova_1998@bk.ru

Дегтярева Любовь Евгеньевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074 г. Волгоград, ул. Академическая 1, liubava19.05@yandex.ru

Aleksandr V. Makarov, Maria A. Pavlova, Lyubov E. Degtyareva

Volgograd State Technical University

ORGANIZATION OF PUBLIC SPACE IN UNDERGROUND PASSAGES OF THE CITY OF VOLGOGRAD

The article deals with the problems of a modern city associated with the safe intersection of main roads and increasing the capacity of the road network. The main types of pedestrian crossings of the tunnel type, often used in cities, are given. The organization of underground public spaces com-

bined with pedestrian crossings is proposed. The advantages of underground rooms that attract residents of the city are considered. These are advantages such as natural lighting, climate comfort and accessibility of the object.

K e y w o r d s: underground crossing, pedestrian, public space, comfortable environment, underground space, safety, illumination.

For citation:

Makarov A. V., Pavlova M. A., Degtyareva L. E. [Organization of public space in underground passages of the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 186—193.

About authors:

Aleksandr V. Makarov — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Survey and Design of Transport Works Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, info@vgasu.ru

Maria A. Pavlova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, mari_pavlova_1998@bk.ru

Lyubov E. Degtyareva — Student, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, iubava19.05@yandex.ru

УДК 711.4

А. В. Антюфеев, И. Ю. Числова

Волгоградский государственный технический университет

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ АСПЕКТЫ РЕНОВАЦИИ ДЕПРЕССИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПРИРЕЧНЫХ ЗОНАХ ГОРОДОВ

В статье рассмотрены особенности функционального зонирования и формирования градостроительной структуры прибрежных территорий крупных приречных городов России на примере Волгограда. Определены актуальность, проблемы, преимущества и потребность в разработке научно обоснованных направлений градостроительной реновации прибрежных промышленных территорий. Сформулирована необходимость разработки основных методов и направлений перспективных функциональных преобразования и развития приречных территории.

Ключевые слова: прибрежные промышленные территории, реновация, методы, направления преобразований, функциональное зонирование, перспективы, развитие.

В современном мире изменяются подходы к определению взаимодействия жизнедеятельности человека и территориальных факторов. Неизменным остается факт, что жизнедеятельность социума неразрывно связана с конкретной территорией и внутренним взаимодействием различных функциональных зон. Территория в некотором смысле считается фундаментом продолжительности человеческой жизнедеятельности, так как она олицетворяет особенности его личности, его профессионального статуса, уровня жизни в общем. Территориальный фактор воспроизводства социума определяет затраты на осуществление производственной и социальной жизни людей как с точки зрения расстояния, так и с точки зрения имеющихся на территории условий для человеческой жизни и деятельности.

В социально-экономическом развитии страны города играют важную роль, в них сконцентрирована немалая часть промышленных предприятий, научных и проектно-конструкторских организаций, высших и средних учебных заведений, медицинских учреждений, инженерной инфраструктуры, «рациональность» которых во многом зависит от состояния того или иного объекта или среды.

В индустриальный период развития в городах, размещенных вдоль рек на наиболее ценных приречных территориях, были размещены промышленные предприятия, это было обусловлено наличием реки как основного коммуникационного ресурса. При этом рекреационная функция прибрежных территорий носит локальный характер, а промышленные объекты становятся градообразующими, формируя вокруг себя селитебную и хозяйственную застройку. Соответственно, жилые территории вынуждены были располагаться за санитарно-защитными зонами данных производств, на удалении от акваторий. Таким образом городские территории оказались слабо интегрированы за счет малого количества транспортно-пешеходных коммуникаций.

Проанализировав историческое развитие промышленной застройки, можно прийти к выводу о том, что широкое утилитарное использование прибрежных территорий и строительство промышленных предприятий на береговых зонах в СССР, которые были нацелены на широкого потребителя, в

современных условиях испытывают кризис и находятся в состоянии деградации. Прибрежная территория застраивалась производственными и складскими зданиями, пристанями, которые занимают огромные территории в черте города, имеют высокий класс опасности и препятствуют освоению приречных зон, не давая возможности для устройства общественных пространств, рекреационных территорий и в общем «здоровой» среды города [1].

В постиндустриальном обществе главными приоритетами и конкурентными преимуществами в городах, которые борются за инвестиции, становятся качество городской среды и ландшафтно-экологические приоритеты. Наблюдается рост информационного сектора в сравнении со сферой производства и сферой услуг, а также эффективность информационных технологий в сравнении с традиционными отраслями экономики — материальным производством и производством энергии. Информационная волна перестраивает общество: структуру занятости, социальную структуру, технологию, семью, а в перспективе — его социально-экономическое и политическое развитие в целом [2].

Экономические и социально-политические преобразования выявили искусственные основания советского градостроительства, что дало преимущества для выдвижения на первый план задач создания полноценной городской среды [3]. Важным критерием современных крупных городов является необходимость представлять собой лидерство научно-технического прогресса, инициативу изменений во всех сферах жизни общества: социальной, экономической, культурной, научной, политической и т. д., следовательно, результативность преобразований, которые осуществляются в стране во многом определяются развитием городов и воздействуют в общем на развитие государства [4].

Изучив развитие городов, главными структурообразующими функциями которых является промышленность, важно отметить, что промышленность оказывает существенное воздействие на направление экономического и физического роста и развитие планировочной структуры города. Производственные территории совместно с транспортными коммуникациями, которые формировались в условиях исторического развития и уже интегрировались в жилую среду, в данный момент представляют собой главнейшие структурообразующие компоненты. Ввиду этого появляется потребность анализа роли промышленных территорий в системе города и агломерации, в том числе в процессе формирования, функционирования и развития в зависимости с социально-экономическими и природными условиями [5].

Промышленные территории, которые расположены в прибрежной зоне, рассматриваются как относительно самостоятельные и устаревшие зоны, включающие объекты промышленного, коммунально-складского, транспортного, административного и другого назначения, но в то же время являются привлекательными для большинства функций (жилых, коммунально-складских, транспортных, рекреационных), что приводит к функциональной неупорядоченности. Интегральное переустройство приречных территорий должно способствовать не только улучшению экологической ситуации города, но и обеспечивать архитектурно-планировочное решение «выхода города к воде» [6].

Актуальность темы исследования характеризуется тем, что приречные территории в городах являются особо ценными участками в следующих сферах градостроительства: функционально-планировочном, рекреационном и ландшафтно-композиционном. Прибрежные территории несут общегородскую на-

грузку и выступают как планировочные элементы городского каркаса, а также как резервы общественных рекреационных пространств. В новых социально-экономических условиях преобразования приречных территорий города приобретают особую важность как для этого города, так и для страны в целом[1].

Градоформирующая роль прибрежных промышленных территорий крупнейших городов обусловила особенности характерных градостроительных недостатков, которые представляются определенными критериями для городов с развитой крупной промышленностью:

- направления территориального развития города, зависящие от размещения промышленных территорий; из-за территориального расширения пятен промышленной застройки с прибрежных территорий происходит вытеснение селитебных функций;
- влияние территориального разрастания производства на усложнение функционально-планировочной структуры прибрежных территорий, возникновение чересполосицы промышленных, селитебных и транспортных территорий;
- ухудшение условий расселения по отношению к местам приложения труда.

С начала XXI в. во многих европейских городах, а также городах России активно реализуется политика выявления депрессивных промышленных площадок, размещенных на особо ценных городских территориях, и их градостроительная реновация.

Имея существенные различия в начальный период своего возникновения, крупные приречные города России с течением времени приобрели ряд общих закономерностей функционального зонирования и градостроительной структуры прибрежных территорий.

Следует отметить наличие большого территориально-градостроительного ресурса широкомасштабных инноваций в российских городах, расположенных вдоль рек. Анализ генеральных планов городов Поволжья выявил наличие значительных участков промышленной застройки на прибрежных территориях, своим протяженным фронтом закрывающих выходы к акватории селитебных районов, в частности в Казани промышленные площадки занимают 33 % берегового фронта, общая протяженность в Астрахани составляет 31 %, в Саратове — 27 %, Ижевске — 52 %, Нижнем Новгороде — 51 % общего берегового фронта города [7].

Особый интерес с точки зрения разработки градостроительной стратегии реновации указанных территорий представляет Волгоград — город с линейной планировочной структурой, протянувшийся вдоль Волги около 60 километров. Город формировался вдоль реки в совокупности с промышленной сетью образований, объединенных тремя продольными магистралями. Исторически селитебные территории оказались отрезаны от Волги промышленными площадками, которые занимают 58 % берегового фронта (порядка 35 километров).

Волгоград — крупнейший региональный центр Нижнего Поволжья, развитый индустриальный центр юга России, градообразующей базой которого является промышленность, с начала своего развития направленная на внешние хозяйственно-экономические связи и экономически слабосвязанная с областью и Нижне-Волжским регионом в целом.

[1] Проект international. 2001. № 1—2, 3, 4; 2003. № 6.

Планировочная структура Волгограда предусматривала выходы в приречную зону р. Волги, данные ключевые аспекты были достигнуты посредством конструирования продольных и поперечных магистралей и улиц. Продольные улицы предназначены для налаживания связи среди отдельных районов, поперечные — для связей города с Волгой [8].

Поперечные связи, обеспечивающие выход к акватории слаборазвиты, в то же время коммуникационные ресурсы Волги для развития внутригородского речного транспорта не используются. По мере развития города и его инженерной и транспортной инфраструктуры влияние фактора реки ослабевает и объективно прекращает свое влияние на размещение промышленных площадок города. Главной осью притяжения промышленной застройки окончательно становится основная городская магистраль — линия продольных Волге отрезков улиц и дорог [9].

Функционально-планировочный анализ развития промышленного потенциала города показал устойчивую тенденцию к деградации и закрытию основных промышленных предприятий за последние 20 лет: «Красный Октябрь», «Баррикады», «Тракторный завод», «Судоверфь» и т. д. Промышленность города из колоссального градоформирующего фактора стала фактором негативным, останавливающим становление города как целостного и сбалансированного градостроительного объекта.

На данный момент становится актуальной потребность формулирования основных методов и направлений перспективных функциональных преобразования и развития приречных территорий:

выявление ландшафтных особенностей прибрежных территорий города;

развитие современной структуры озеленения и восстановления побережья (создание дополнительных зеленых территорий);

совершенствование структуры прибрежной территории общественного пользования (развитие пешеходных трасс, организация мест отдыха и т. д.);

вынос предприятий высокого класса опасности за территорию города;

уменьшение площади, занимаемой предприятиями на прибрежных территориях, компактность их размещения;

зонирование прибрежных зон в зависимости от характера акватории и пространственной взаимосвязи города и его окружения[2].

В то же время активное внимание уделяется формированию и развитию общественно-деловых зон на основных коммуникационных пересечениях, в городской структуре, формируются многофункциональные общественно-деловые и торгово-развлекательные комплексы, образовывающиеся в качестве замещения объектов социально-культурного обслуживания, которые существовали в индустриальный период при каждом промышленном объекте [10].

Вновь формирующиеся комплексы общественного значения являются новыми точками роста в развитии градостроительной структуры Волгограда, для их устойчивого формирования необходимо обустройство поперечных связей, обеспечивающих выход к акватории. В зонах выхода транспортно-пешеходных связей потребуется обустройство набережных, обеспеченных соответствующими инфраструктурными объектами, в том числе причалов маломерных судов [11].

[2] The architectural review. 2003. № 1.

В условиях рыночных отношений, когда активизировалась частная застройка, образовалась проблема возможности потерять прибрежные зоны как общественное пространство, соответственно, есть необходимость выработать рекомендации к функциональному урегулированию эксплуатации прибрежных зон. При отказе от промышленной застройки территории предусматривается уменьшение отрицательного влияния на окружающую среду [12] (рис. 1, 2).

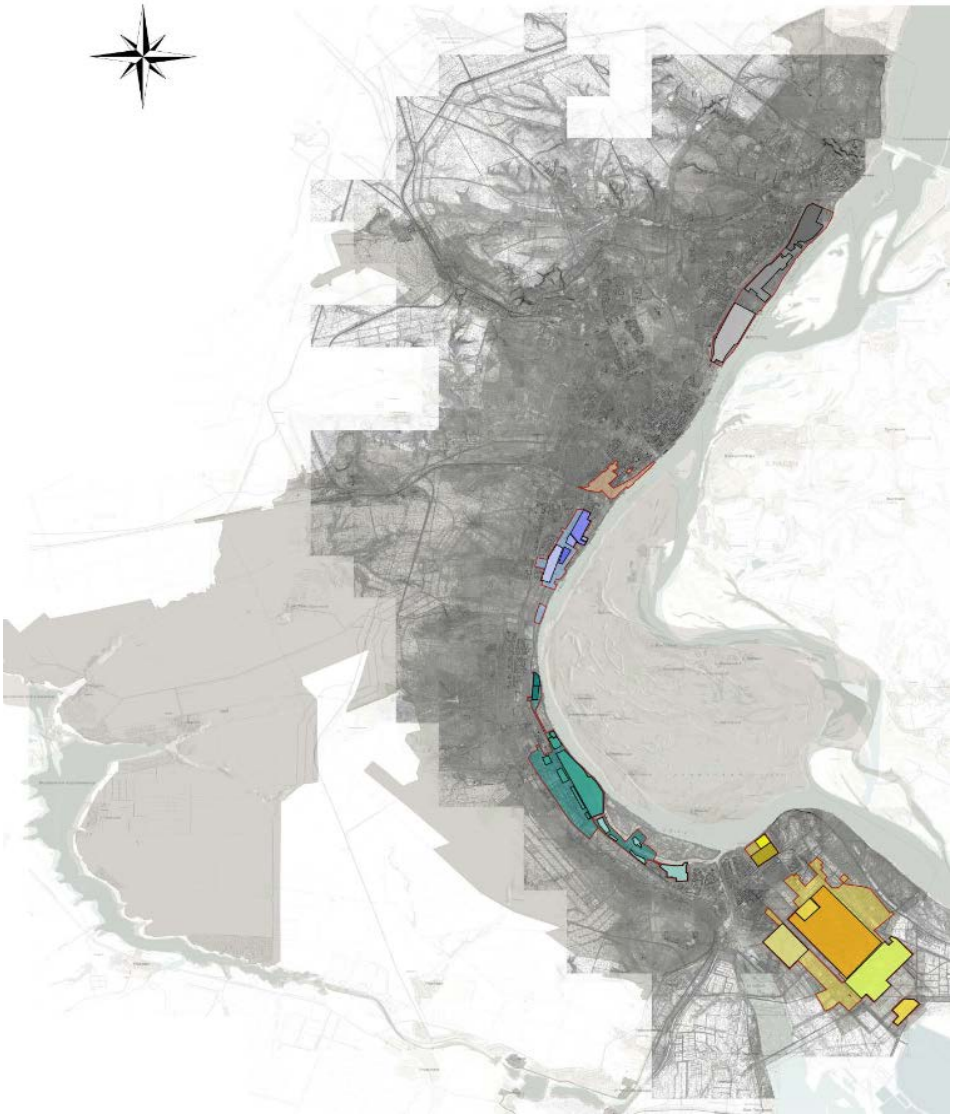


Рис. 1. Схема размещения прибрежных промышленных территорий в структуре города Волгограда

Промышленные зоны города	Территория предприятий
Северная промышленная зона - 552 Га	Узел тракторного завода - 156 Га (Тракторный завод, Кислородный завод, Хлебозавод №4, Винный завод, Непроизводственные объекты) Узел в районе завода "Баррикады" - 150 Га (Завод "Титан-Баррикады", Цех гидросистем ВгТЗ, Цех ЖБИ, Хлебозавод №2, Производственные и овощные базы, склады) Узел в районе завода "Красный Октябрь" - 246 Га (завод "Красный Октябрь", две производственные базы строительных материалов, цех закладных деталей, цех ЖБИ-4, троллейбусное депо, склады, гаражи коммунального хозяйства)
Промышленная зона ж/д станции Волгоград II - 105 Га	Промузел ж/д станции, Прибрежная коммунально-складская застрой-ка, Грузовые речные порты (большое количество вспомогательных и подсобных производств, в том числе швейная фабрику "Царица", мелькомбинат, хлебозавод № 5, пивзавод, цех де-ревообрабатывающего комбината им. Ермана, консервный завод, склады, СТО, гаражи, базы строительных и ремонтных организаций)
Ельшанская промышленная зона - 470 Га	ДОЗ им. Куйбышева Деревообрабатывающий комбинат ВЭКАФ Кожевенный завод Гипсовый завод Завод нефтяного машиностроения им. Петрова (А также склады и автобазы)
Кировская промышленная зона - 470 Га	Группа деревообр-щих предприятий - 100 Га (Комбинат им. Ермана, Бекетовский ДОЗ) Узел в районе завода "Химпром" - 384 Га (Химзавод "Химпром" (ранее им. Кирова), ВолгоГРЭС, завод "Спецэнергоремонт", ПО "Стройдеталь", Завод стройметариалов, ЖБИ-6, Хлебозавод № 3, Троллей-бусное депо, 2 автобазы, 3 производственные и ремонтные базы, Гаражи) Узел в районе ж/д станции Сарепта - 140 Га (Вторчермет, Вторцветмет, Судостроительный и Судоремонтный заводы, Литейно-механический завод, Цех завода им. Ермана, Предприятия лег-кой и пищевой промышленности, Базы, Склады металлолома)
Заканальная промышленная зона - общая площадь 5875 Га, занимаемая предприятиями 2489 Га	ТЭЦ-2, -3 Нефтеперерабатывающий завод «Лукойл-ВНП» Сталепроволочно-канатный завод ПО химзавод "Каустик" Завод техуглерода НПО "Комплекс", электромеханический завод (А также авторемзавод, шпало- и мачто-пропиточный завод, заводы "Стройдеталь", "Спецжелезобетон", горчично-маслобойный, кирпичный завод, стройбазы, нефтеперевалочная база, плодоовощные, химические и ле-соперевалочные базы, склады, гаражи)

Рис. 2. Условные обозначения к схеме размещения прибрежных промышленных территорий в структуре Волгограда

Применительно к сложившейся линейной структуре города Волгограда можно отметить три перспективных панировочных луча, размещенных в поперечном к Волге направлении:

Северный, проходящий по улице Дзержинского с выходом к Волге через территорию бывшего тракторного завода к нижнему поселку и парковой зоне.

Центральный, включающий существующую аллею героев, набережную и формирующийся ландшафтно-рекреационный комплекс в пойме р. Царицы, объединяющей в себе промышленную зону ж/д станции Волгоград II и Ельшанскую промышленную зону.

Южный, включающий существующую планировочную ось Второй продольной магистрали и территорию, захватывающую в себя часть Кировского района и основную часть Красноармейского, обозначенные как Кировская и Заканальная промышленные зоны.

Развитие этих планировочных лучей, объединенных существующими продольными магистралями, обеспечит градостроительную связанность «рыхлой» планировочной структуры города. С учетом особенностей функционально-планировочной организации Северной, Центральной и Южной промышленных частей города Волгограда необходимо разработать комплексную программу реновации территории, которая должна включать следующие этапы:

Первый этап:

- анализ территории;
- составление историко-культурного опорного плана;
- выявление территориального ресурса;
- анализ социальной инфраструктуры;
- определение состояния экологической ситуации;
- определение состояния транспортной и инженерной инфраструктур.

Второй этап:

- на основании проведенного комплексного анализа необходимо разработать стратегию и концептуальное предложение о поэтапной функционально-градостроительной реновации территорий в границах и зонах влияния поперечных планировочных лучей [13].

Потребность в разработке на сегодняшний день научно обоснованных направлений градостроительной реновации прибрежных промышленных территорий крупнейших городов определяется: сосредоточением градостроительных проблем, связанных с промышленной застройкой (в большинстве случаев депрессивного характера); пересмотром стратегий устойчивого развития крупнейших городов — от промышленной направленности к полифункциональной и связанным с этим поиском планировочных резервов и направлений перспективного развития; социально-экономическим значением перехода на новую стратегию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Федосеева О. С.* Методы комплексного анализа приречных территорий для многонаселенного города // КубГАУ. 2012. № 85(01). 34 с.

2. *Ястребова Н. А.* Современный город: основные тенденции и варианты возможного развития // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 27(46). 130 с.

3. *Янушкина Ю. В.* Тенденции и концепции пространственного развития города в XX в. (на примере Волгограда) // Социология города. 2010. № 3. 46 с.

4. *Никонова Я. И., Каркавин М. В., Димакова Е. С.* Организация стратегического планирования устойчивого развития крупных городов: теоретические и методологические аспекты. Новосибирск : СО РАН, 2008. 11 с.

5. *Антюфеев А. В., Антюфеева О. А., Птичникова Г. 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 научно-технической конференции. Волгоград : ВолгГАСУ, 2016. С. 145—150.

6. *Лаппо Г. М.* Городские агломерации в СССР — России: особенности динамики в XX веке // Российское экспертное обозрение. 2007. № 4. С. 6—9.

7. *Фролов С. С.* Градостроительная реконструкция прибрежных промышленных территорий крупнейших городов (на примере Волгограда) : автореф. дисс… канд. арх. Санкт-Петербург, 2005. 149 с.

8. *Антюфеев А. В.* Градостроительная реновация депрессивных производственных территорий в крупных индустриальных городах (на примере Волгограда) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 1(9). С. 100—105.

9. *Антюфеев А. В.* Разработка концепции устойчивого градостроительного развития г. Волгограда : материалы конференции «Перспективы градостроительного развития Волгограда». Волгоград, 2001.

10. *Антюфеев А. В., Птичникова Г. А.* Линейный город. Градостроительная система «Большой Волгоград». Волгоград : ВолгГТУ, 2018. 296 с.

11. *Brady D., Wallace M.* Deindustrialization and Poverty: Manufacturing Decline and AFDC Recipiency in Lake County, Indiana 1964—1993 // Sociological Forum. 2001. Vol. 16. № 2. Pp. 321—358.

12. *Ребайн Т. Я.* Регуляторы пространственного развития города // Приволжский научный журнал. 2012. № 1. С. 105—120.

13. *Птичникова Г. А.* Современные тенденции городского развития: архитектурное обновление как джентрификация // Современная архитектура мира. Вып. 3. М., СПб. : Нестор-История, 2013. С. 177—190.

© Антюфеев А. В., Числова И. Ю., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Антюфеев А. В., Числова И. Ю. Функционально-планировочные аспекты реновации депрессивных промышленных территорий в приречных зонах городов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 194—202.

Об авторах:

Антюфеев Алексей Владимирович — канд. архитектуры, профессор, зав. кафедрой урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antyufeev_a@mail.ru

Числова Ирина Юрьевна — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, chislova-i@mail.ru

Alexey V. Antyufeev, Irina Yu. Chislova

Volgograd State Technical University

FUNCTIONAL PLANNING ASPECTS OF RENOVATION OF DEPRESSIVE INDUSTRIAL TERRITORIES IN RIVER ZONES OF CITIES

The article discusses the features of functional zoning and the formation of the urban planning structure of the coastal territories of large riverine cities of Russia, using the example of Volgograd. The relevance, problems, advantages and the need for the development of scientifically based areas of

urban planning renovation of coastal industrial territories are determined. The necessity of developing the basic methods and directions of promising functional transformation and development of riverine territories is formulated.

K e y w o r d s: coastal industrial territories, renovation, methods, directions of transformations, functional zoning, prospects, development.

For citation:

Antyufeev A. V., Chislova I. Yu. [Functional planning aspects of renovation of depressive industrial territories in river zones of cities]. *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], 2020, iss. 2, pp. 194—202.

About authors:

Alexey V. Antyufeev — Candidate of Architecture, Professor, the Head of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., 400074, Volgograd, Russian Federation, antyufeev_a@mail.ru

Irina Yu. Chislova — Master's Degree student of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., 400074, Volgograd, Russian Federation, chislova-i@mail.ru

УДК 7.72.725.95

Е. А. Васечкин, А. В. Антюфеев

Волгоградский государственный технический университет

АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ В ГОРОДАХ С ЛИНЕЙНОЙ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

В статье проведена комплексная градостроительная оценка территории Волгограда с целью выявления перспективных участков для формирования транспортно-пересадочных узлов. Выявлены точки пересечения маршрутов общественного транспорта и основные точки притяжения районов. Представлены концепции формирования основных транспортно-пересадочных узлов.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, транспорт, железная дорога, участки, инфраструктура, градостроительная организация территорий.

Отличительной особенностью современного города является развитая система общественного транспорта, где все доступные виды городского транспорта взаимодействуя, полноценно обеспечивают потребность горожан транспортом. Обусловленная ориентация на один вид транспорта приводит к росту конкуренции за пассажиропотоки среди субъектов, осуществляющих транспортные услуги. В то же время тенденции эффективного взаимодействия разных видов городского транспорта создают предпосылки для создания транспортно-пересадочных узлов (ТПУ).

Транспортно-пересадочные узлы — важнейшие элементы транспортной инфраструктуры города. Одновременно ТПУ являются «точкой роста» размещения различных коммерческо-деловых объектов, обеспечивающих социально-экономическое развитие прилегающей территории.

Проведение комплексного градостроительного анализа для размещения ТПУ является обоснованием его успешного формирования и развития. В качестве основного принципа размещения ТПУ можно принять наличие пересечения транспортных потоков, маршрутов движения электротранспорта (трамвая, скоростного трамвая, троллейбуса, электрички) с маршрутами автобусов и маршрутных такси, в местах массовой пересадки горожан с одного вида транспорта на другой.

Волгоград — город с линейной планировочной структурой, крупнейший транспортный узел на Юге России. От него отходят пять лучей железной дороги и пять федеральных автомобильных трасс, уходящих в сопредельные области и Республику Калмыкию (рис. 1). По автодорогам осуществляются внутрирайонные, межрайонные и межобластные транспортные перевозки. При этом транзитные автотранспортные потоки проходят по городским территориям, поскольку областной центр — Волгоград — до последнего времени не имел объездной дороги. В конце 2019 г. началось строительство первого этапа строительства (южного обхода города). Волга и Волго-Донской канал соединяют область водным путем с пятью морями и многими регионами России и зарубежья. Город располагается на правом берегу Волги. Это обусловило размещение различных промышленных предприятий в береговой полосе. В настоящее время 58 % берегового фасада города занимают промышленные предприятия [1].

Рис. 1. Транзитные магистрали Волгограда

Город разделяется железной дорогой на до- и заполотновскую часть. Транспортная инфраструктура формируется тремя магистралями, проходящими вдоль железной дороги и обеспечивающими связь всех районов города. В то же время линейная градостроительная структура не обеспечена в достаточном объеме поперечными связями. Несмотря на протяженность города в 95 км, суммарная длинна продольных связей составляет всего порядка 40 км [2].

В комплексной транспортной схеме Волгограда при разработке генерального плана были намечены перспективные участки для развития крупных транспортных узлов и перехватывающих парковок, размещаемых на въезде в город и пересечении основных магистралей (рис. 2). В статье мы подробнее рассмотрим участки для формирования региональных ПТУ.

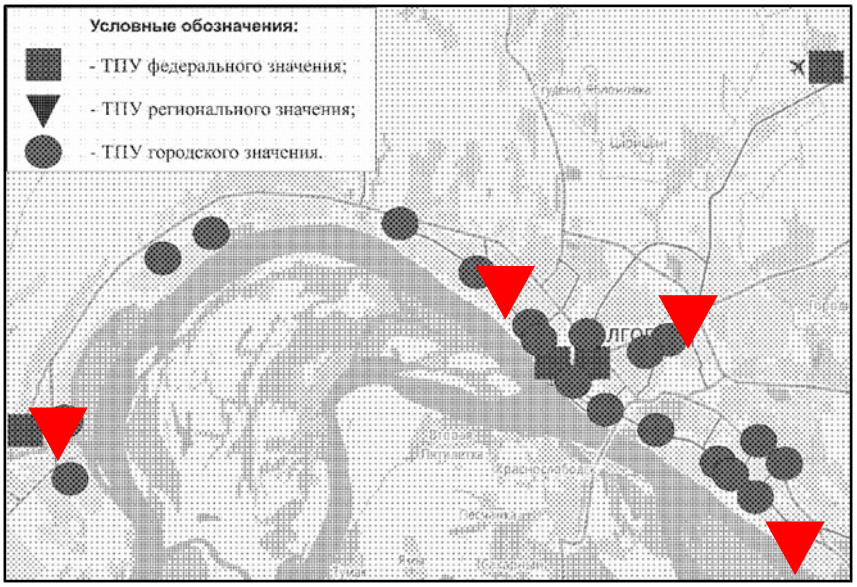


Рис. 2. Схема расположения ТПУ в рамках СЭР «Волгоград-2030»

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. описаны три варианта развития транспортной системы, а для практической реализации выбрана инновационная версия. В этой версии главная роль отведена стратегии создания крупных мультимодальных транспортных логистических центров и информационных центров. Особое значение уделяется развитию транспортно-логистических и промышленных узлов на Дальнем Востоке, Северо-Западе и Юге России[1] [3].

В докторской диссертации Д. Н. Власова на тему «Научно-методологические основы развития агломерационных систем транспортно-пересадочных узлов» [3] предложено для ТПУ применять следующую классификацию:

1) узлы федерального значения — обеспечивают связанность города с территориями Российской Федерации и зарубежными странами;

2) узлы регионального значения — обеспечивают связанность города с остальной территорией Волгоградской области;

3) узлы муниципального значения — обеспечивают транспортное обслуживание прилегающих районов города.

К транспортно-пересадочным узлам **федерального значения** относятся центральный железнодорожный вокзал, автовокзал и аэропорт, объединенные коммуникационной системой, объединяющей их в узел, обеспечивающий связь транспорта регионального и муниципального значения.

К транспортно-пересадочным узлам **регионального значения** относятся те объекты, в которых обеспечивается связь с маршрутами региональных автобусов. Этот вид ТПУ также может выполнять функции муниципального ТПУ [4]. Основным назначением региональной системы является обеспечение связанности территории внутри с основными точками концентрации транзитного пассажиропотока города (крупные жилые, общественно-деловые образования). Данный вид ТПУ можно подразделить на два типа:

1. Системообразующие ТПУ — являются основными опорными элементами транспортной инфраструктуры региона и характеризуются максимальными значениями пассажиропотоков.

2. Обеспечивающие ТПУ — выполняют вспомогательные функции, обеспечивающие транспортное обслуживание прилегающей территории.

Узлы **муниципального значения** сформированы одним из видов городского транспорта.

Остановимся на особенностях формирования региональных ТПУ. На наш взгляд, последовательность разработки обоснования формирования ТПУ должна состоять в следующем:

1. Градостроительно-планировочная оценка участка городской территории.
2. Транспортно-планировочный анализ транспортной инфраструктуры.
3. Выявление основных пассажиробразующих потоков.
4. Определения зоны влияния ТПУ.

Применение графоаналитического метода позволяет оценить зоны влияния того или иного ТПУ и уровень обеспеченности территории системами пассажирского транспорта.

[1] Стратегия Волгограда 2030 // Официальный сайт администрации Волгоградской области. Волгоград, 2019. URL: www.volgadmin.ru/d/strategy2030/index/46.

Формирование транспортно-пересадочных узлов отражено в Социально-экономической стратегии «Волгоград-2030». Обеспечение транспортной мобильности — одна из приоритетных задач формирования удобной городской среды, определяющих возможность активизации экономических, культурных и туристических связей Волгограда и повышения качества жизни его горожан[2] [5].

Целью развития единой транспортной системы в Волгограде является обеспечение стандарта транспортной мобильности населения и качества пассажирских перевозок при соблюдении условий комфорта, безопасности, экономичности, экологичности, доступности на основе проведения сбалансированной транспортной политики.

В Стратегии-2030 планируется создание 4 ТПУ федерального значения, 4 регионального и 19 городского. Для организации региональных ТПУ были выбраны участки: северный (в Дзержинском р-не), северо-восточный (в Тракторозаводском), южный (в Советском), приканальный (в Красноармейском) (рис. 3).

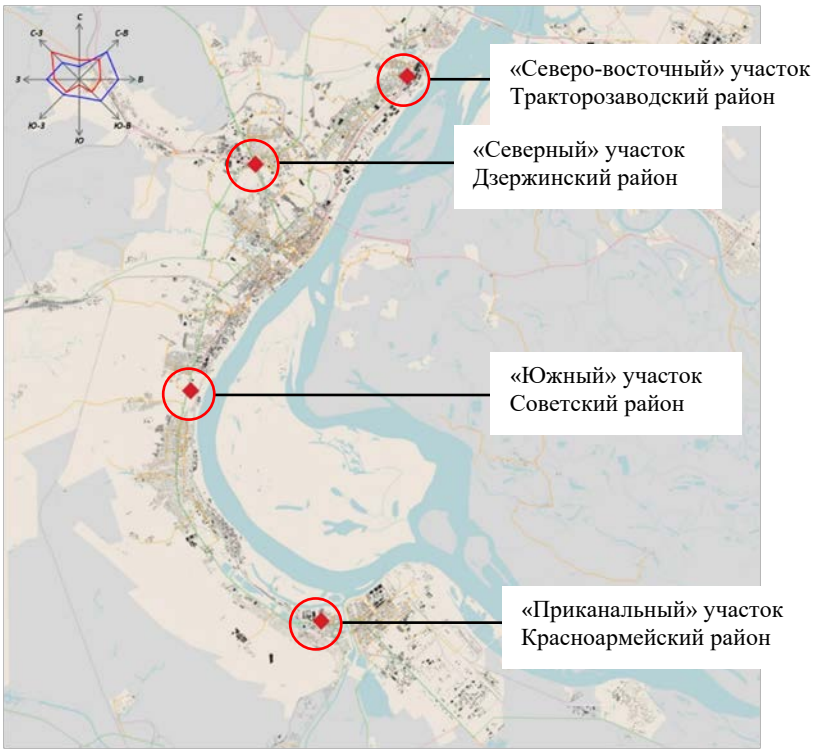


Рис. 3. Участки для региональных ТПУ на схеме города

Северный участок территории для организации системообразующего ТПУ регионального значения находится в Дзержинском районе. На пересечении улицы Землячки и проспекта им. Маршала Жукова.

[2] Стратегия Волгограда 2030 // Официальный сайт администрации Волгоградской области. Волгоград, 2019. URL: www.volgadmin.ru/d/strategy2030/index/46.

По ходу движения на север участок примыкает к крупной транспортной развязке «Самарский разъезд», через которую осуществляется связь с аэропортом. В непосредственной близости проходят важнейшие городские магистрали: Вторая продольная, Третья продольная и проспект им. Маршала Жукова, соединяющийся после Самарского разъезда с улицей Исторической, которая доходя до городской черты, переходит в трассу «Москва — Волгоград». Третья продольная магистраль переходит в дорогу, соединяющую город с Саратовом, а на юге — с Краснодаром и Ростовом-на-Дону.

Функциональное зоны прилегающей территории разделены между собой Третьей продольной магистралью и проспектом Маршала Жукова (рис. 4). Преобладает жилая зона. Прилегающая территория плотно застроена жилыми домами, что обеспечивает высокий показатель пассажиропотока.

Рис. 4. «Северный» участок

Основными объектами общественного назначения на этом участке являются (выделены на схеме и пронумерованы): Волгоградская академия МВД (1), областная прокуратура, администрация и суд Дзержинского района (2), средняя школа № 85 (3).

Общественно-деловая зона является административным центром района. Приоритетным направлением в рамках создания ТПУ должно являться обес-

печение взаимосвязи между жилой и общественно-деловой зоной. Указанная территория входит в состав общественного центра района [4].

В результате формирования ТПУ будет обеспечена оптимальна взаимосвязь между жилой и общественной зоной, что приведет к формированию общественно-делового центра на базе транспортно-пересадочного узла.

В настоящее время на рассматриваемом участке автобус является динамично развивающимся видом транспорта в структуре перевозок. Ежедневные рейсы в Волгоград выполняют порядка 60 региональных маршрутов. Остановка транспорта используется сразу в нескольких, пересекающих направлениях, позволяя соединить северные районы города с южными, а восточные с западными.

В настоящее время Д. Н. Власов в статье на тему «Повышение эффективности функционирования транспортно-пересадочных узлов в крупных городах» сформулировал несколько методов для формирования ТПУ [5]:

1. Реконструктивно-организационный метод развития, суть которого заключается в комплексной локальной реконструкции наземных станций.

2. Метод приоритетного развития транспортной инфраструктуры предполагает строительство объектов транспортного назначения на территории ТПУ. В основном это перехватывающие парковки, которые необходимы для смены вида транспорта пользователями. Кроме того, реализация этого метода предполагает также полную или частичную реализацию локальной реконструкции, предусмотренной первым методом.

3. Метод глобального строительства предусматривает строительство многофункционального узла обмена на территории транспортного транзитного терминала. Основная цель — обеспечить удобный трансфер от одного вида транспорта на другой. Для этого предлагается построить единый пространственный ансамбль, который объединит под одной крышей все основные элементы транспортного узла. Кроме того, для привлечения инвесторов для финансирования строительства и дальнейшего развития транзитного терминала в его структуре предлагается предоставить жилые, развлекательные и торговые площади, предназначенные для коммерческого лизинга [5, 6].

Северо-восточный участок территории для организации системообразующего ТПУ регионального значения находится в Тракторозаводском районе. В непосредственной близости проходят основные продольные магистрали города. Первая продольная является продолжением проспекта им. В. И. Ленина и является самой оживленным участком.

Участок (рис. 5) находится на пересечении Первой продольной магистрали и съезда со Второй продольной (Ополченской). Организация ТПУ на этом участке позволит развивать пригородные автобусные маршруты, связывая районные поселки (Ерзовка, Дубовка и пр.) с городом.

Основными объектами общественного назначения на участке являются (выделены и пронумерованы на схеме): администрация Тракторозаводского района (1), отделение полиции № 1 (2), ТРК «Диамант» (3), средняя школа № 3 (4) и колледж управления и новых технологий им. Ю. Гагарина (5), офисный центр «Тракторный».

Тракторозаводский район отличается исторически сложившимся функциональным делением. Массивная жилая зона отделена от промышленной Первой продольной магистралью. Основными функциональными зонами

района сформированы промышленные, торговые и общественные объекты, в частности зарегистрировано свыше 5 тысяч предприятий различной формы собственности. Район активно застраивается объектами торговли и социально-бытового назначения.

Рис. 5. «Северо-восточный» участок

Южный участок территории для организации системообразующего ТПУ регионального значения находится в Советском районе (рис. 6). Участок обусловлен активно формирующимся новым общественно-деловым центром Советского района, частью которого становится и Волгоградский государственный университет (1). ТРК «Акварель» (2), расположенный в непосредственной близости к участку, посещают более 50 тысяч жителей. Для обеспечения транспортной доступности на территории у ТРК был создан пересадочный узел для более чем 20 маршрутов городского транспорта (маршрутные такси, автобусы).

Планируется продление улицы Электролесовской и линии скоростного трамвая, что обеспечит транспортную связанность линейного города и формирование системы ТПУ в географическом центре Волгограда. В непосредственной близости присутствует большое пространство, свободное от застройки, для организации перехватывающих парковок.

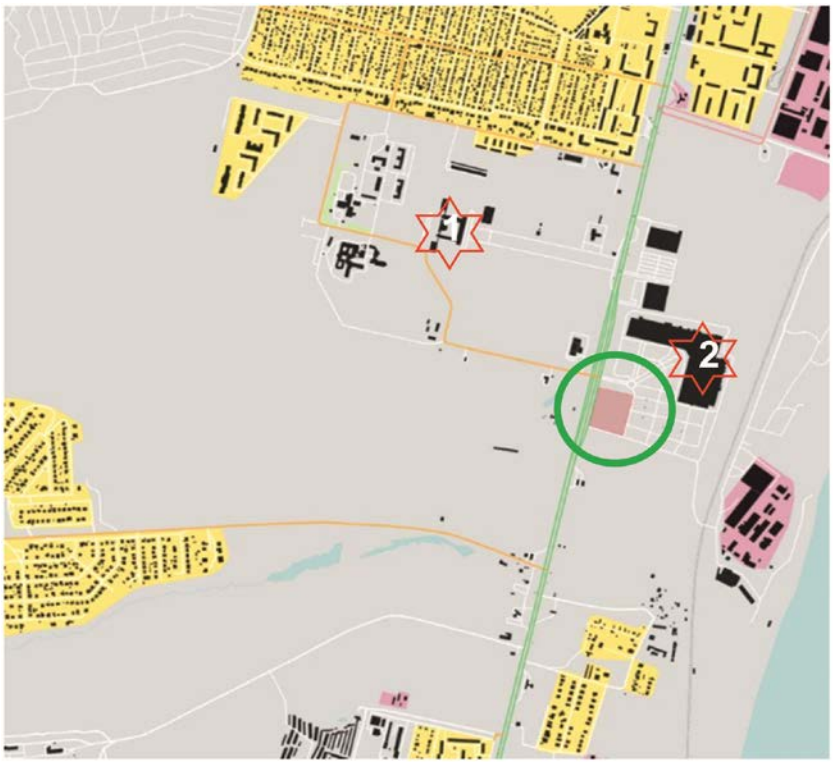


Рис. 6. «Южный» участок

Концепция организации ТПУ (рис. 7) предполагает перенос конечных нескольких маршрутов городского автобуса к месту проектируемого разворотного кольца скоростного трамвая, которое, в свою очередь, прилегает к существующему перрону электрички. Таким образом достигается концентрация всех доступных видов транспорта с минимальным временем пересадки между видами транспорта [7].

Рис. 7. Концепция организации «Южного» ТПУ

Приканальный участок территории для организации обеспечивающего ТПУ регионального значения в Красноармейском районе находится на планировочной оси района — проспекте героев Сталинграда, переходящим в улицу 40 лет ВЛКСМ. Район обслуживают один маршрут трамвая и порядка десяти маршрутов автобуса, соендиняющих его с центром города (рис. 8). Протяженность района — 35 км, что равняется расстоянию от района до центра города. Численность населения около 170 тыс. человек. Район разделен Волго-Донским судоходным каналом. Выделенный участок находится в центре приканальной части района, где сосредоточенны общественные и промышленные объекты, торгово-развлекательные комплексы.

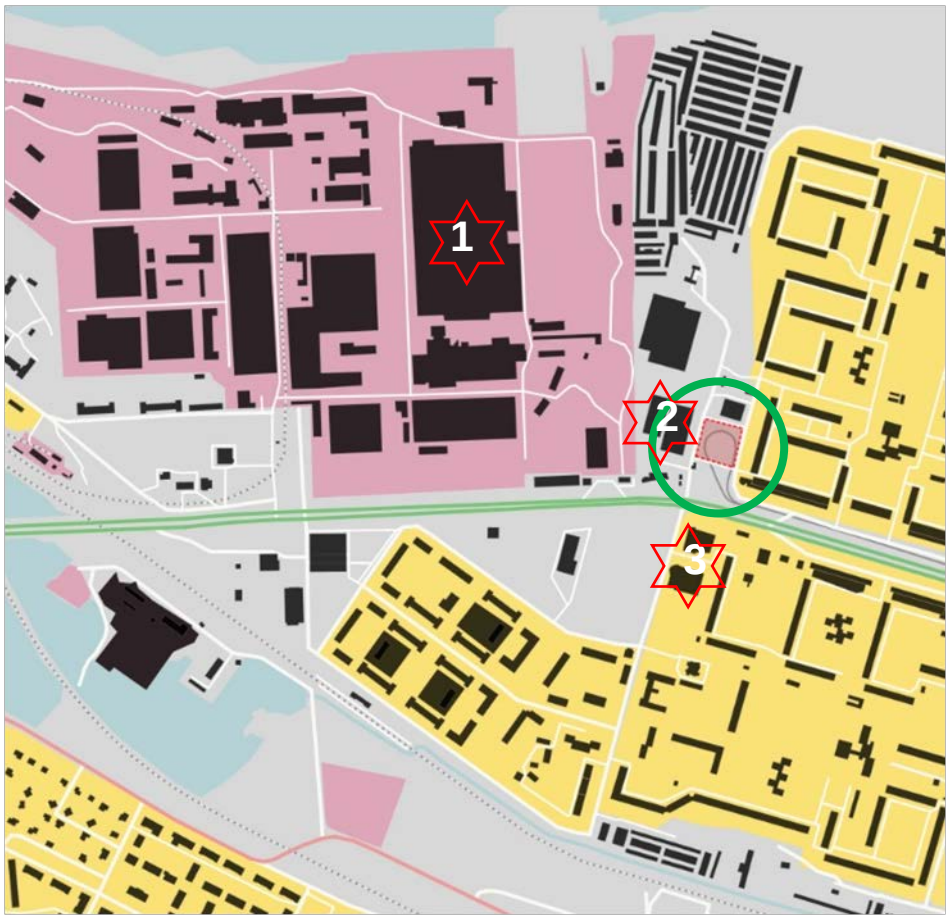


Рис. 8. Участок «Приканального» ТПУ

Это обуславливает формирование двух районных центров на территории района. Из-за отсутствия объездного пути транзитный крупногабаритный транспорт проходит по проспекту героев Сталинграда (улице 40 лет ВЛКСМ), перенагружая районную инфраструктуру.

Основным транспортом, связывающим район с остальными, является автобус. Трамвай используется для внутрирайонной коммуникации. Эти

факторы обуславливают формирование обеспечивающего ТПУ для обслуживания Красноармейского района.

При формировании ТПУ предлагается разделение внутрирайонных и межрайонных маршрутов автобуса с обновлением остановочных павильонов (рис. 9). Это позволит оптимизировать автобусные маршруты, поскольку из-за высокого количества крупногабаритного транспорта на выезде из района образуется пробка, растягивающаяся на все протяжение проспекта Героев Сталинграда.

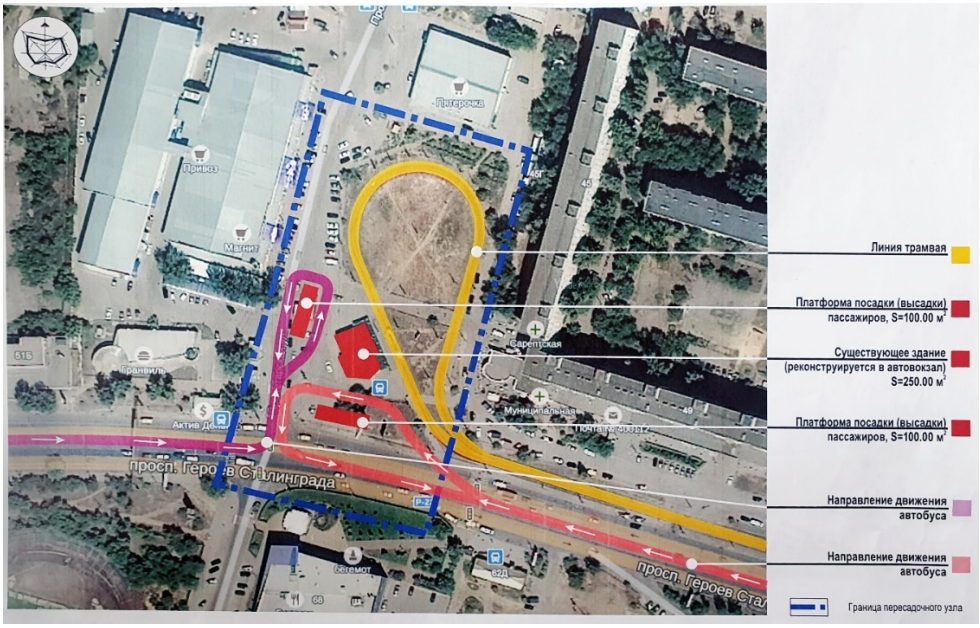


Рис. 9. Концепция организации «Приканального» ТПУ

В Докладе Президенту РФ и Правительству РФ «Градостроительство России и современные процессы урбанизации», подготовленным РААСН, подчеркивается, что «на первое место в территориально-транспортном планировании выходит задача поиска оптимального сочетания различных видов транспортной инфраструктуры» [6, 8].

Организация системы региональных ТПУ (рис. 10) позволит решить проблемы транспортной инфраструктуры как на локальном уровне городского района, так и на уровне всего города.

Современный опыт транспортного планирования показывает, что увеличение пропускной способности дорог или увеличение количества маршрутов не всегда позволяют сделать городской транспорт эффективнее. Создание единой системы, включающей в себя все доступные виды транспорта, позволит оптимизировать маршруты и улучшить качество городского транспорта, повысив удобство передвижения горожан.

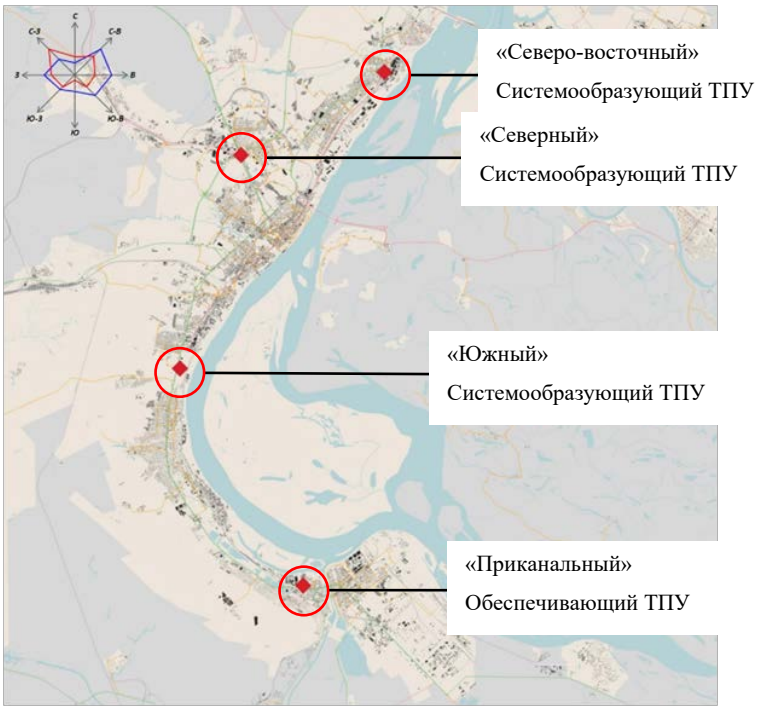


Рис. 10. Система региональных ТПУ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Антюфеев А. В.* Особенности развития транспортной инфраструктуры в линейном городе (на примере города Волгограда) // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XVI Межд. науч. конф., 16—29 сентября 2018 г., Флоренция — Волгоград : ВолгГМУ, 2018. С. 72—79.

2. *Гутнов А. Э.* Эволюция градостроительства. М. : Стройиздат, 1984. 256 с.

3. *Власов Д. Н.* Транспортно-пересадочные узлы : монография. 2-е изд. М. : МИСИ — МГСУ, 2017. 192 с. URL: https://e.lanbook.com/book/

4. *Danilina N. V.* Scientific-methodical bases of formation of system of "Park and ride" Parking areas in the largest cities: the example of the city of Moscow : The Dissertation on Candidate of Technical Sciences Degree. 2012.

5. *Vlasov D. N.* Regulatory support of sustainable intermodal transport transit hub system development // E S Web of Conferences e sconf. 2016.

6. Градостроительство России и современные процессы урбанизации. Доклад РААСН Президенту РФ и Правительству РФ / Рук. А. П. Кудрявцев. М. : РААСН, 2014. 43 с.

7. *Щербина Е. В., Власов Д. Н., Данилина Н. В.* Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий : учебное пособие / под ред. Е. В. Щербины. М. : МИСИ — МГСУ, 2016. 128 с. URL: https://e.lanbook.com/book/90710.

8. *Antyufeev A., Antyufeeva O.* Linear cities: controversies, challenges and prospects // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019.

© Васечкин Е. А., Антюфеев А. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Васечкин Е. А., Антюфеев А. В. Архитектурно-градостроительные особенности транспортно-пересадочных узлов в городах с линейной планировочной структурой // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 203—214.

Об авторах:

Антюфеев Алексей Владимирович — канд. архитектуры, профессор, зав. кафедрой урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, antyufeev_a@mail.ru

Васечкин Евгений Алексеевич — магистрант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, pwnchase@gmail.com

Evgeny A. Vasechkin, Alexey V. Antyufeev

Volgograd State Technical University

ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING FEATURES OF TRANSPORT HUBS IN CITIES WITH A LINEAR PLANNING STRUCTURE

In the article was analyzed territory of Volgograd and revealed direction for developing areas to organize transporting-hub. Were designated points of intersection of transport routes and congestion point. Some organization concepts presented.

K e y w o r d s: transport hub, site and infrastructure, passenger transportation, railroad, bus transportation, transport-transfer hub, multimodal transport.

For citation:

Vasechkin E. A., Antyufeev A. V. [Architectural and urban planning features of transport hubs in cities with a linear planning structure]. *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], 2020, iss. 2, pp. 203—214.

About authors:

Evgeny A. Vasechkin — Master's Degree student of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., 400074, Volgograd, Russian Federation, pwnchase@gmail.com

Alexey V. Antyufeev — Candidate of Architecture, Professor, Head of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., 400074, Volgograd, Russian Federation, antyufeev_a@mail.ru

УДК 711.581

Е. А. Дикарева, А. М. Сорокин

Волгоградский государственный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОЛГОГРАДА)

В статье изучается вопрос ландшафтной эко реконструкции на основе использования принципа инновационности, который включает в себя несколько уровней внедрения. Рассматривается возможность применения инновационных технологий по каждому уровню внедрения. Изучен вопрос по внедрению на этапе предпроектного анализа, этапа проектирования и эксплуатации современных информационных технологий в проектировании. Изучен вопрос по внедрению при реконструкции на нарушенных территориях возобновляемых источников энергии, а именно определены эффективные системы ВИЭ для городской среды. Предложены технологии из системы «Умный город», которые можно использовать при проведении ландшафтной эко реконструкции и дальнейшей эксплуатации объекта.

Ключевые слова: ландшафтная экореконструкция, инновационные технологии, GIS, BIM, возобновляемые источники энергии, городская среда, система «Умный город».

Антропогенное воздействие оказывает существенное влияние на окружающую среду, особенно на природные элементы, которые оказываются внутри города. За счет жизнедеятельности человека происходит деградация существующих природно-рекреационных комплексов, таких как прибрежные территории, поймы, зеленые городские насаждения [1]; появляются иные нарушенные территории в структуре городской ткани, к которым можно отнести коммунально-складские зоны, заброшенные промышленные участки, территории полигонов ТБО, территории карьеров. В виду отсутствия процессов по благоустройству и поддержанию экосистемы и ландшафта происходит разрастание овражно-балочных систем, появление большой частоты оползней.

1. К вопросу ландшафтной экореконструкции нарушенных территорий

Современный мир требует решения вызовов с позиции окружающей среды — экология, энергоэффективность, доступность, вопросы социального взаимодействия, экономическая эффективность от принятых ландшафтно-градостроительных решений. В ближайшие несколько лет при сохранении существующего темпа роста населения в городах потребление энергоресурсов возрастет в несколько раз. Для решения проблемы экологии в городской среде была сформирована концепция устойчивого развития территорий[1].

К. Фрэмптон в своей статье «Архитектура в эпоху глобализации» подтверждает и говорит о том, что за счет изменения культурного статуса ландшафта, произошедшего в эпоху постмодернизма, возможно изменение городских планировочных структур и создание их более экологически стабильными единицами города [2], тем самым подчеркивая важность концепции устойчивого развития.

[1] Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. М., 1989.

Ландшафтная экореконструкция рассматривается именно с точки зрения устойчивого развития территорий, которые на основании Градостроительного кодекса РФ[2] должны обеспечивать безопасность и благоприятные условия жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия от деятельности человека на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений. Решением данной проблемы занимались как отечественные, так и зарубежные специалисты в области теории и практики. Одним из основных решений по вопросу реконструкции нарушенных территорий является формирование рекреационных зон, которые подчеркивают ландшафтные особенности территории, создают эстетическое воздействие (уникальные панорамные виды), являются буферными зонами для природной среды в городской структуре.

Некоторыми примерами по ландшафтной экореконструкции нарушенных территорий являются создание парков:

- парк Бютт Шомон (Франция, 1864—1867 гг.) [3];
- Father Collins Park в Дублине (Ирландия, 2007 г.) — ветроэнергетический устойчивый общественный парк с системой водно-болотных угодий.

Парк Father Collins является прекрасным примером внедрения принципа инновационности при ландшафтной экореконструкции нарушенных территорий — система водно-болотных угодий обрабатывает и хранит поверхностные воды в парке; ветряные турбины предоставляют энергию для систем парка; использование озеленения кровли, местных материалов[3].

Формирование подобных рекреационных зон на базе ландшафтно-экологической реконструкции оказывает значительное воздействие на бюджет региона как в процессе создания, так и, главное, в процессе эксплуатации объекта.

Для градостроительной практики Волгограда вопрос реконструкции нарушенных территорий является одним из приоритетных направлений деятельности. Естественный рост городской среды на данный момент своего развития усугубляет ситуацию по увеличению процента нарушенных территорий в городской ткани, появляются своего рода «городские пустоты» — территории, которые по территориальным, функциональным и иным признакам оказались в позиции пустующих заброшенных участков, которые в последствии влияют на появление в их структуре маргинальных сегментов, природных катаклизмов (оползни, пожары и т. п.), что в результате влияет на городскую среду на макроуровне. Наличие подобных «пустот» в городской ткани можно рассмотреть с позиции сравнения с живым организмом [4], по аналогии с которым подобные элементы являются «болезненными наростами», имеющие тенденцию к прогрессирующему увеличению. В связи с этим вопрос ландшафтной экореконструкции подобных территорий является актуальным.

Использование в рамках ландшафтной экореконструкции принципа инновационности направлено на создание урбоэкологического каркаса [5] про-

[2] Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 24.04.2020).

[3] Father Collins parkrun — Weekly Free 5km Timed Run. URL: https://www.parkrun.ie/fathercollins/

странственных элементов Волгограда, ориентированного на обеспечение жизнеустойчивости городской среды.

Решения, вырабатываемые в процессе формирования урбоэкосистемы, направлены не только на обеспечение принятых гигиенических условий жизни, но и на любую рационализацию природопользования, охрану окружающей среды и экологии важнейших социально-экономических процессов в пределах регионов, городских агломератов, городов и отдельных их частей [5].

2. Использование принципа инновационности при ландшафтной экореконструкции

Для формирования устойчивой городской структуры на нарушенных территориях необходимо учитывать несколько принципов, один из которых можно выделить как принцип инновационности, проявляющийся в формировании системы уровней взаимодействия (рис. 1):

1. Предпроектные и проектные технологии, которые включают в себя на этапе анализа применения GIS-технологий, на этапе проектирования и эксплуатации использование технологий BIM[4].

На текущий момент важно проектировать пространства в концепции устойчивого развития, в том числе используя методы ландшафтного урбанизма, которые также базируются на учете данных о конкретной территории, использования современных технологий по сбору и анализу данных и применения инноваций в области ландшафтно-градостроительного проектирования и практики [6]. Формирование грамотного проектного предложения основывается на качественно выполненных предпроектных исследованиях.

Предпроектные исследования в парках включают в себя сбор следующих данных:

- анализ предшествующего градостроительного развития территории;
- урбоэкологическое зонирование;
- ландшафтно-экологический анализ;
- параметрическое ландшафтное моделирование;
- 3D-картографирование [6].

В данном случае внедрение GIS и BIM позволяет не только максимально точно выполнить анализ собранных данных, но и выявить на начальном этапе возможные коллизии и позволит их избежать. Помимо этого уже будет выполнена часть работы, которую можно полноценно использовать в дальнейшем проектировании и эксплуатации объекта реконструкции.

BIM помогает всем участникам проекта (заказчику, проектировщику, строителю, поставщику, эксплуатирующей организации) лучше воспринимать объект проектирования на ранних стадиях и иметь возможность на основе полученных аналитических данных принять в разработку наиболее эффективный вариант[5]. Вовлеченность каждого участника проекта становится залогом его высокого качества, так как позволяет с самого начала учесть бесценные знания и опыт экспертов.

[4] Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Проектирование, строительство, эксплуатация // Autodesk.

[5] Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства. Проектирование, строительство, эксплуатация // Autodesk.

2. Социо-экологические, которые позволяют сформировать дружественное и осознанное отношение к окружающей природной среде в составе нарушенных территорий в городе за счет восстановления экосистемы, формирование новой структуры и дальнейшего ее содержания.

3. Технологические, в рамках которых возможно применение разных методов и элементов, некоторыми из которых являются (рис. 1):

- энергия, полученная от возобновляемых источников;
- биологическая очитка среды;
- развитие водно-болотной экосистемы;
- качественный подход к переработке и утилизации;
- внедрение технологий системы «Умный город».

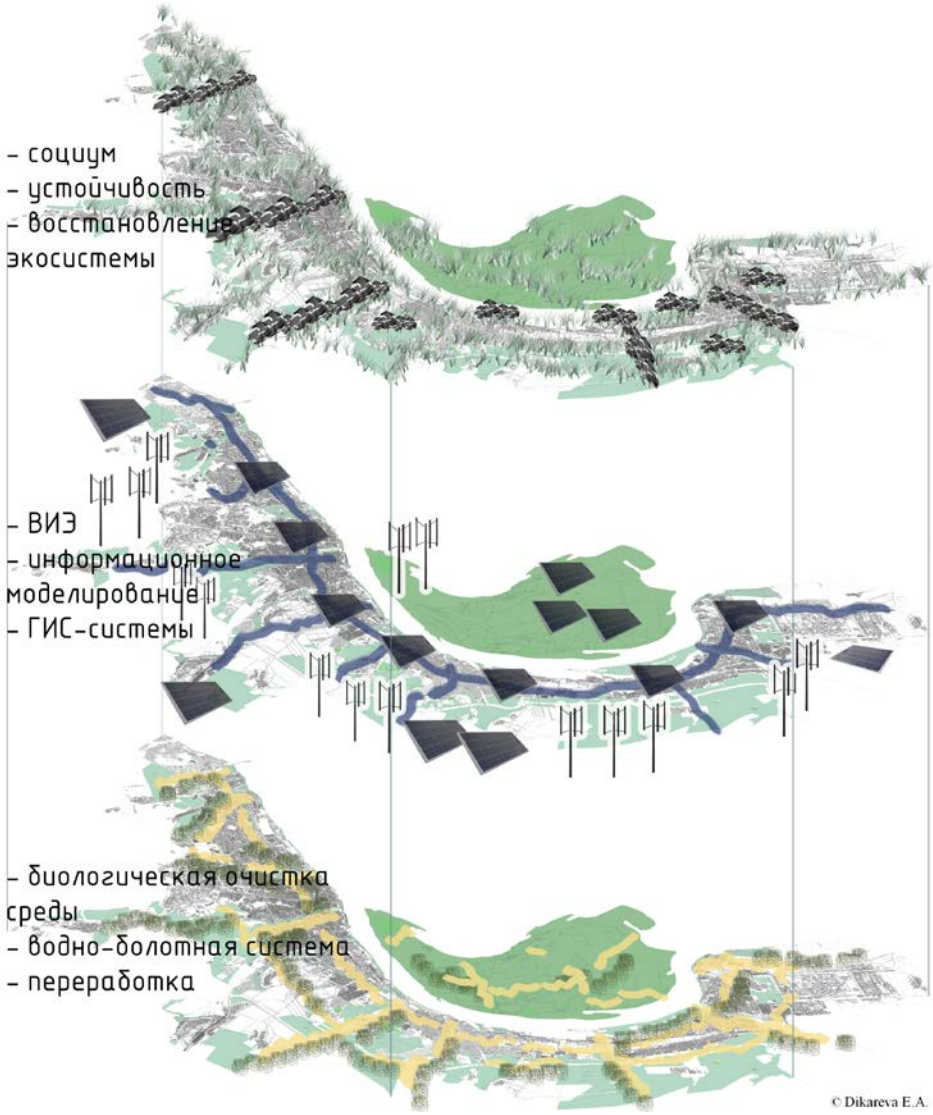


Рис. 1. Возможные к внедрению инновационные технологии

Технологический уровень при внедрении принципа инновационности в процессе ландшафтной экореконструкции в городскую среду имеет ряд особенностей.

С точки зрения возможности внедрения возобновляемых источников энергии в городскую среду Волгограда можно рассмотреть использование гелиосистем, ветрогенераторов, геотермальных источников, однако последний вариант далеко не всегда применим для использования на нарушенных территориях.

Наиболее применимыми в городе можно считать ветрогенераторы с вертикальной осью вращения и гелиосистемы [6] (табл. 1).

Таблица 1

Анализ альтернативных источников энергии

Критерий оценки эффективности системы	Гелиосистема	Ветрогенератор с вертикальной осью вращения
Применимость в течение годы	Ограничена	Не ограничена
Установка рядом дополнительных источников	Не влияет	Увеличивает эффективность
Шум	Нет	Нет
Применение в городах	Да	Да
Вырабатываемая энергия (1 источник)	0,20 кВт	1 кВт
Средняя стоимость	16 200	160 000
Срок службы	30	20
Температура экплуатации, °С	от –40 до +85	от –40 до +40

По внедрению ветроустановок в окружающую среду существуют некоторые исследования, по результатам которых выявлены оптимальные положения для их использования, на основании организации эффективной работы самой установки — учет ветрового потока, внедрение в существующий ландшафт, взаимодействие с окружающей застройкой (рис. 2).

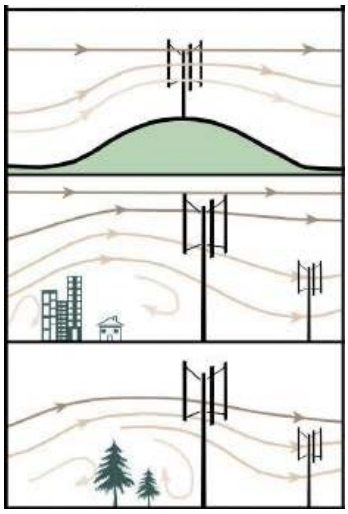


Рис. 2. Расположение ветрогенераторов с учетом окружающей среды

Вариант 2, представленный на рисунке, имеет свои ограничения касательно санитарно-защитной зоны между ветрогенераторными установками. На данный момент определен уровень шума для ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения, на расстоянии в 350 м от него определяют шум, равный в 35…45 дБ. Для ветрогенераторов с вертикальной осью вращения данных по уровню шума нет, считается, что такой вид ветрогенератора является менее шумным, однако устанавливать санитарно-защитную зону рекомендуется, но меньшую, чем для ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения.

С позиции применения инновационных технологий при ландшафтной экореконструкции предлагается использовать элементы системы «Умный город» по следующим технологиям[6] (рис. 3):

- переиспользование ресурсов;
- автоматизированное освещение;
- видеонаблюдение;
- организация автоматизированной системы полива;
- контроль водопотребления, обнаружение утечек;
- инновационные методы очистки.

Рис. 3. Свойства умного города[7]

Принцип инновационности необходимо внедрять в структуре комплексного подхода к реконструкции, учитывающей ландшафтную, архитектурную и экологическую составляющие. Выбор конкретных составляющих инновационных технологий для внедрения в городскую структуру необходимо проводить на основе конкретной градостроительной ситуации, геологических особенностей территории, климатических характеристик (структура ветрового потока, количество солнечной энергии и др.).

[6] Интеллектуальные города / Умные города / Smart cities. URL: http://www.tadviser.ru/a/340080.

[7] Интеллектуальные города / Умные города / Smart cities. URL: http://www.tadviser.ru/a/340080.

Заключение

Нарушенные территории воспроизводят неблагоприятное влияние на окружающую среду и облик города.

В Волгограде имеются благоприятные условия для проведения ландшафтной эко-реконструкции с использованием принципа инновационности и формирования интегрированной системы по реорганизации нарушенных территорий в природные рекреационные объекты или объекты жилой функции, что также является актуальным для Волгограда, но требует больших ресурсов по подготовке территорий.

Использование ландшафтной экореконструкции с использованием принципа инновационности будет иметь большое значение для улучшения ключевых направлений Urban Health[8] (рис. 4):

• уменьшение специфические загрязнители и смягчение климатических составляющих за счет использования технологий, позволяющих снизить ветровую нагрузку (в случае необходимости данных мероприятий) и также за счет улучшения состояния природного компонента внутри города;

• отсутствие городских пустот, чем являются нарушенные территории, влечет за собой общее оздоровление городской ткани и в последствии улучшение психологического здоровья людей и снижение поведенческих рисков.

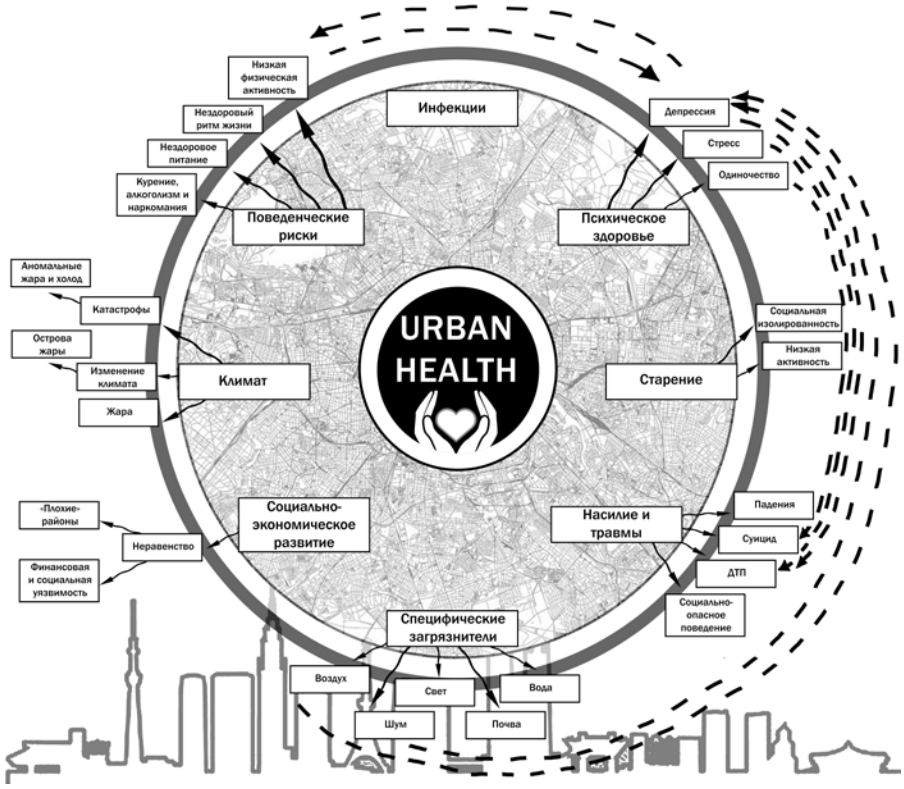


Рис. 4. Ключевые направления Urban Health и факторы риска для здоровья населения городов[9]

[8] Urban health. URL: https://www.who.int/health-topics/urban-health.

Проведение ландшафтной экореконструкции нарушенных территорий даст толчок к развитию прилегающих территорий, значительно снизит маргинальный сегмент.

Развитие подобных территорий на основании принятых мер активизирует обновление всей городской ткани на макро- и микроуровнях с улучшением протекания общественных социальных процессов, что по итогу влияет на оценку качества среды и привлекательность города для проживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Коростелева Н. В.* Освоение овражных территорий крупных городов под объекты озеленения как способ улучшения благоустройства территории на примере г. Волгограда // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. Вып. 46(65). С. 153—162.

2. *Фремптон К.* Архитектура в эпоху глобализации // Проект International 18. 2007. № 18. С. 140—141.

3. *Вергунов А. П., Денисов М. Ф., Ожегов С. С.* Ландшафтное проектирование. М. : Архитектура-С, 1991.

4. *MacCowan R. J.* Biomimicry + Urban design // MA Urban Design. 2010. № 12. Pp. 194.

5. *Forman R. T. T.* Urban ecology: science of cities. Cambridge University Press, 2014.

6. *Красильникова Э. Э.* Ландшафтный урбанизм. Теория-Практика. Ч. I: Научные и практические основы ландшафтного урбанизма : монография. Волгоград : ИАА «Обл. вести», 2015. 156 с.

© Дикарева Е. А., Сорокин А. М., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Дикарева Е. А., Сорокин А. М. Применение инновационных технологий при ландшафтно-экологической реконструкции нарушенных территорий (на примере города Волгограда) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 215—223.

Об авторах:

Дикарева Екатерина Александровна — аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ea.dikareva@gmail.com

Сорокин Алесей Михайлович — канд. техн. наук, доцент кафедры энергосбережения, теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, a.sorokin05@bk.ru

Ekaterina A. Dikareva, Alexey M. Sorokin

Volgograd State Technical University

APPLICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT LANDSCAPE-ECOLOGICAL RECONSTRUCTION OF VIOLATED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF VOLGOGRAD)

The article examines the issue of landscape eco-reconstruction based on the use of the principle of innovation, which includes several levels of implementation. The possibility of applying innovative technologies at each level of implementation is being considered. The question of the introduction at the stage of pre-project analysis, the stage of design and operation of modern information technolo-

[9] Urban health. URL: https://www.who.int/health-topics/urban-health.

gies in design was studied. The issue of introducing renewable energy sources during the reconstruction of disturbed territories was studied, namely, effective renewable energy systems for the urban environment were identified. Technologies from the Smart City system are proposed, which can be used during landscape eco-reconstruction and further operation of the facility.

K e y w o r d s: landscape eco-reconstruction, innovative technologies, GIS, BIM, renewable energy sources, urban environment, Smart City system.

For citation:

Dikareva E. A. Sorokin A. M. [Application of innovative technologies at landscape-ecological reconstruction of violated territories (on the example of the city of Volgograd)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta*. *Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 215—223.

About authors:

Ekaterina A. Dikareva — Post Graduate student of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ea.dikareva@gmail.com

Alexey M. Sorokin — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Power Supply, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, a.sorokin05@bk.ru

УДК 504.75.05

В. Ф. Сидоренко, Г. С. Кузнецов

Волгоградский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТОЧЕЧНОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ГРАДОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

В данном исследовании рассматривается изменение экологического качества городской среды при размещении строительных объектов в сложившейся застройке. Говорится о необходимости применения методики заполнения экологической оценки при размещении строительных объектов в сложившейся застройке.

При оценке рассматривались изменения экологических показателей как во время строительства объекта, так и в режиме эксплуатации.

Ключевые слова: точечная застройка, градоэкологическая безопасность, экологическая безопасность, экология.

Проблема строительства в крупных и крупнейших городах в сложившейся застройке становится все острее, в особенности на территории Российской Федерации. Связанно это с тем, что в крупные и крупнейшие города с развитой инфраструктурой и экономикой мигрирует население со всей территории, а также с тем, что происходит активное строительство в центральной части города с более развитой инфраструктурой [1—9].

Вводим понятие «Точечный объект» — размещение отдельного строительного объекта в исторически сложившейся городской застройке.

Миграция населения в крупнейшие города приводит к ускорению темпов развития данных населенных пунктов, а также приводит к необходимости вести больше строительства, в частности жилой застройки, это действие приводит к разрастанию городов и увеличению цены на недвижимость в центральной части города. Застройщики, пытающиеся извлечь максимальную прибыль, прибегают к точечной застройке в центральной части города, в том числе уже в сложившихся жилых группах, данный факт зачастую несет негативные последствия не только для жильцов уже стоящих объектов, но также и для жителей строящегося дома.

Актуальность данного исследования обусловлена несколькими факторами. Во-первых, вопрос точечной застройки в настоящее время остро стоит для крупных и крупнейших городов из-за уменьшения свободных и условно свободных площадей для ведения нового строительства в черте города. Во-вторых, комплексной экологической оценки влияния точечной застройки на городскую среду, в частности на прилегающую существующую жилую застройку, не проводилось.

Для того чтобы предотвратить ухудшения качества городской среды, возникает необходимость оценки экологических факторов на стадии проектирования строительства и эксплуатации объектов — существующих и нововозведенных. Данную оценку необходимо проводить на стадии проектирования точечных объектов, чтобы избегать нанесения фактом строительства значительного ухудшения экологических факторов, непосредственно влияющих

на безопасность жизнедеятельности жильцов как самих точечных объектов, так и жильцов, проживающих в существующей застройке.

Для проведения оценки предлагается использовать следующую схему (рис. 1).

Рис. 1. Размещение нового объекта в сложившейся застройке

Для оценки изменения городской среды при ведении точечного строительства была применена классификация факторов окружающей среды по степени воздействия на организм человека предложенная В. Ф. Сидоренко.

Комплексная оценка градоэкологических условий жилой застройки (табл. 1) [10].

Данная система оценки позволяет составить градоэкологический паспорт жилища путем методологии по факторной оценки ФОС (факторов окружающей среды) — необходимый для оценки градоэкологичекой среды обитания человека. Комплекс компонентов окружающей среды города включает в себя две группы:

1) природные геоэкологические условия — климат, воздух, вода, почва, растительность;

2) искусственно созданные человеком компоненты — шум, вибрация, радиоактивное и электромагнитное излучение, комплекс факторов, связанных со строительством, и психологические факторы, воздействующие на человека, инфраструктура, транспортная комфортность, благоустройство.

Таблица 1

Комплексная оценка градоэкологических условий жилой застройки

Уровень	Состояние качества	Оценка по комплексным баллам	Баллы
I	Благоприятное	Отрицательное воздействие ФОС отсутствует	До 3
II	Неблагоприятное	Незначительное изменение ФОС	3—15
III	Опасное	Изменения ФОС в предельно допустимых границах	15—30
IV	Особо опасное	Изменения выше предельно допустимых границ	Свыше 30

Но в связи со спецификой точечного строительства в сложившейся застройке требуется введение дополнительных градостроительных оценочных факторов (табл. 2):

1) степень благоустройства;

2) транспортные проблемы: парковочные места, общественный транспорт;

3) изменение качества инфраструктуры: степень обеспеченности детскими садами, школами, медучреждениями.

Таблица 2

Дополнительные градостроительные оценочные факторы

№ п/п	Оценочный фактор	Размерность	Баллы при суммации	
			Благоприятное	Неблагоприятное
1	Степень благоустройства	Баллы	0 — благоустройство полностью соответствует нормативам)	1 — благоустройство не соответствует нормативам
2	Транспортные проблемы	Баллы	0 — все факторы соответствуют нормативам или лучше	1 — хотя бы один из факторов хуже нормативных значений
3	Качество инфраструктуры	Баллы	0 — все факторы соответствую нормативам	1 — хотя бы один из факторов хуже нормативных значений

Каждый из факторов играет роль в формировании городской среды.

Первым комплексом факторов, по которому оценивают природное и антропогенное воздействие на окружающую среду и человека, являются природно-климатические факторы. Климатические и микроклиматические факторы определяются по данным метеостанций и натурных исследований.

Вторым комплексом факторов являются антропогенные факторы.

На рисунке 1 представлена модель для проведения данной оценки при возведении точечного объекта внутри сложившейся жилой застройки с присутствием в радиусе 1000 м металлургического завода.

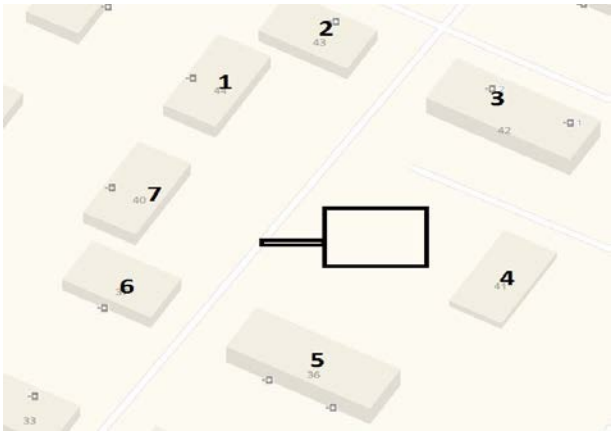


Рис. 1. План жилой застройки с новым объектом (модельный проект)

В жилую группу ограниченными домами 1—7 планируется поместить односекционное 16-этажное здание.

Перед началом проектирования здания мы проводим пофакторную оценку для зданий 1—7. В ходе данной оценки было установлено, что наихудший показатель у дома под номером 4, при оценке он получил 15 баллов при суммации и попадает под категорию «неблагоприятно», все остальные здания имеют оценку выше этого значения, следовательно, все они имеют оценку «неблагоприятно» либо выше.

В первую очередь идет ухудшение по таким факторам, как: шум — ввиду работы строительной техники и механизмов; вибрация — ввиду работы строительной техники и механизмов, а также ввиду движения по дворовому пространству больше грузных автомобилей, необходимых для движения строительных материалов по строительной площадке; воздух — ввиду выброса значительного количества пыли и примесей при строительных работах [11—15], а также происходит ухудшение визуальной оценки ввиду ведения строительства вплотную к жилому дому.

Факт того, что все объекты, ограничивающие жилую группу, в которой планируется ведения строительства, имеют 14 баллов и меньше при суммации означает, что ведение строительства возможно и учет изменений факторов в проекте нового здания не требуется.

Этап второй — пофакторная оценка всех зданий в жилой группе с учетом изменения градоэкологических факторов ввиду ведения строительных работ по возведению нового объекта.

На данном этапе также проводится оценка для каждого из семи зданий с учетом фактора наличия строительства внутри жилой группы. В таблице 4 представлена пофакторная оценка с учетом изменившейся ситуации для дома номер 4.

Таблица 3

Пофакторная оценка градоэкгологической ситуации для дома № 4 до начала ведения строительства

№	ФОС	Размерность	Значение	Балл при суммации
1	Воздух	ПДК	1	1
2	Вода	ПДК	1	2
3	Почва	ПДК	0,8	0
4	Вибрация	ПДУ	35	0
5	Радиоактивное излучение	мкр/час	25	1
6	Геопатогенные зоны	Баллы	0	0
7	Температура	С	22	1
8	Влажность	%	60	1
9	Скорость движения воздуха	м/с	2,9	1
10	ЭМИ	кв/м	5	1
11	Визуальная оценка окружающей территории	баллы	1	1
12	Фактор присутствия опасного производства	баллы	1	1
13	Строительные материалы	баллы	1	1
14	Инсоляция	час	5	0
15	Шум	дбА	75	1
16	Транспортная ситуация	баллы	0	0
17	Инфраструктура	баллы	1	1
18	Благоустройство	баллы	0	0

Баллы при суммации: 14. Состояние градоэкологической ситуации: «Благоприятно».

Таблица 4

Пофакторная оценка градоэкгологической ситуации для дома № 4 с учетом изменения экологических факторов в связи с ведением строительных работ

№	ФОС	Размерность	Значение	Балл при суммации
1	Воздух	ПДК	2	2
2	Вода	ПДК	1	2
3	Почва	ПДК	2	3
4	Вибрация	ПДУ	50	3
5	Радиоктивное излучени	мкр/час	25	1
6	Геопатагенные зоны	Баллы	0	0
7	Температура	С	22	1
8	Влажность	%	60	1
9	Скорость движения воздуха	м/с	2,9	1
10	ЭМИ	кв/м	10	2
11	Визуальная оценка окружающей территории	баллы	3	3
12	Фактор присутствия опасного производства	баллы	1	1
13	Строительные материалы	баллы	1	1
14	Инсоляция	час	5	0
15	Шум	дбА	80	1
16	Транспортная ситуация	баллы	0	0
17	Инфраструктура	баллы	1	1
18	Благоустройство	баллы	1	1

Баллы при суммации: 24. Категория градостроительной ситуации: «Опасно».

После проведения пофакторной оценки мы можем наблюдать, как сильно изменилась экологическая оценка для данного здания. Если до начала строительства дом набирал 14 баллов при суммации и попадал в категорию «Неудовлетворительно», то после начала ведения строительных работ он перешел в категорию «Опасно».

В связи с этим следует изучить возможность внесения изменений в проект строительства таким образом, чтобы свести к минимуму неблагоприятные факторы либо снизить сроки ведения строительства с целью минимизировать ущерб для жителей дома номер 4.

На последнем этапе оценки проводится пофакторная оценка для всех объектов жилой группы с учетом изменения факторов ввиду введения нового объекта в эксплуатацию, а также пофакторная оценка для самого нового объекта.

В таблицах 5 и 6 предоставлены пофакторные оценки для дома номер 4 и самого нового объекта.

Таблица 5

Пофакторная оценка градоэкологической ситуации для дома № 4 с учетом изменения факторов ввиду введения нового объекта в эксплуатацию

№	ФОС	Размерность	Значение	Балл при суммации
1	Воздух	ПДК	1,2	1
2	Вода	ПДК	1	2
3	Почва	ПДК	2	3
4	Вибрация	ПДУ	35	0
5	Радиоактивное излучение	мкр/час	25	1
6	Геопатогенные зоны	Баллы	1	1
7	Температура	С	22	1
8	Влажность	%	60	1
9	Скорость движения воздуха	м/с	2,9	1
10	ЭМИ	кв/м	5	1
11	Визуальная оценка окружающей территории	баллы	1	1
12	Фактор присутствия опасного производства	баллы	1	1
13	Строительные материалы	баллы	1	1
14	Инсоляция	час	5	0
15	Шум	дбА	75	1
16	Транспортная ситуация	баллы	1	1
17	Инфраструктура	баллы	1	1
18	Благоустройство	баллы	1	1

Баллы при суммации: 19. Категория объекта: «Опасно».

По итогам пофакторной оценки дом номер 4 и нововозведенный попадают в категорию «Опасно». Это означает, что проект нуждается в доработке, в частности по таким факторам, как транспортная ситуация, инфраструктура и благоустройство. Для того чтобы объект можно было возводить, необходимо снизить значение фактора «Транспортная ситуация» путем включения в

проект мероприятий по расширению пропускной способности дорожно-транспортной сети до нормативных значений и проектирования необходимого количества паковочных мест для новых жильцов. Также необходимо снизить значение фактора «Благоустройство» путем предусмотрения в проекте дополнительных объектов благоустройства территории взамен уничтоженных. Значение фактора «Инфраструктура» следует снизить путем проектирования детского сада для жильцов нового здания с целью избежать чрезмерной нагрузки детских садов, обслуживающих данную территорию. Кроме того, следует изучить возможность перераспределения жильцов данной жилой группы по медицинским участкам либо договориться с обслуживающей поликлиникой о выделении отдельного участка для граждан, проживающих в данной и прилегающих жилых группах с целью избежать превышения нормативного количества пациентов на один участок.

Таблица 6

Пофакторная оценка градоэкгологической ситуации для нововозведенного жилого объекта с учетом изменения факторов ввиду введения нового объекта в эксплуатацию

№	ФОС	Размерность	Значение	Балл при суммации
1	Воздух	ПДК	1,2	1
2	Вода	ПДК	1	2
3	Почва	ПДК	2	3
4	Вибрация	ПДУ	35	0
5	Радиоактивное излучение	мкр/час	25	1
6	Геопатогенные зоны	Баллы	1	1
7	Температура	С	22	1
8	Влажность	%	60	1
9	Скорость движения воздуха	м/с	2,9	1
10	ЭМИ	кв/м	5	1
11	Визуальная оценка окружающей территории	баллы	1	1
12	Фактор присутствия опасного производства	баллы	1	1
13	Строительные материалы	баллы	2	2
14	Инсоляция	час	5	0
15	Шум	дбА	75	1
16	Транспортная ситуация	баллы	1	1
17	Инфраструктура	баллы	1	1
18	Благоустройство	баллы	1	1

Баллы при суммации: 20. Категория объекта: «Опасно».

В случае проведения данных мероприятий все объекты в жилой группе, включая новый объект, будут оставаться в категории «Неблагоприятно». Это будет означать, что можно вести новое строительство, так как возведение нового объекта не повлечет ухудшения градоэкологической ситуации.

Основываясь на данных оценках, мы можем сделать вывод о том, что при возведении нового здания, а также последующей его эксплуатации необ-

ходимо проводить детальную оценку градостроительных последствий ведения нового строительства в сложившейся жилой застройке. Если такую оценку не проводить, мы получаем из одного дома, который отвечал II классу согласно системе оценки ФОС, 8 жилых домов, попадающих согласно своим экологическим показателям в III класс, соответствующий категории «Опасно». На данном примере мы видим, что точечная застройка приводит к ухудшению качества жизни в модельном проекте не только уже живущих людей в существующей застройке, но также и новых жильцов.

Если при произведении оценки экологических факторов происходит ухудшение качества городской среды, в частности при переходе из более высокого качества в более низкое, следует рассмотреть возможность для исправления данной ситуации. В случае если ухудшение качества происходит только во время строительства нового здания, следует рассмотреть изменение технологии строительства в сторону более экологичных методов либо уменьшение сроков строительных работ. В реальном проектировании в ряде случаев требуется применение измерительной техники для оценки факторов окружающей среды. В случае ухудшения ситуации во время эксплуатации нового здания следует рассмотреть возможность переноса строительства в другое, более оптимальное место или предпринять попытку избежать ухудшения показателей ФОС с помощью экологического строительства либо путем применения более оптимальных проектных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Advancing urban ecology toward a science of cities / T. McPhearson etc. // BioScience. 2016. Vol. 66. № 3. Pp. 198—212.

2. *Batty M.* Building a science of cities // Cities. 2012. Vol. 29. Pp. S9—S16.

3. *Batty M.* The new science of cities. MIT press, 2013.

4. *Feldman M. P., Audretsch D. B.* Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition // European economic review. 1999. Vol. 43. № 2. С. 409—429.

5. Towards a comparative science of cities: Using mobile traffic records in New York, London, and Hong Kong / S. Grauwin etc. / Computational approaches for urban environments. Springer, Cham, 2015. Pp. 363—387.

6. *Townsend A.* Cities of data: Examining the new urban science // Public Culture. 2015. Vol. 27. № 2(76). Pp. 201—212.

7. Reimagining cities / C. Ash etc. 2008.

8. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition / D. B. Audretsch etc. // CEPR Discussion Papers. 1998. № 1980.

9. *Corburn J.* Cities, climate change and urban heat island mitigation: Localising global environmental science // Urban studies. 2009. Vol. 46. № 2. Pp. 413—427.

10. *Сидоренко В. Ф.* Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград : ВолгГАСА, 2000. 200 с.

11. *Королев В. А.* Мониторинг геологической среды. М. : МГУ, 1995.

12. *Сапожкова Н. В.* Разработка метода комплексной оценки воздействия автотранспорта на экологическую безопасность городской среды для обоснования мониторинга и защитных мероприятий : дисс… канд. тех. наук. Волгоград, 2012. 183 с.

13. *Сидоренко В. Ф., Сапожкова Н. В.* Изучение загазованности и запыленности от автотранспорта на улицах Волгоград // Устойчивое развитие городов и территорий: проблемы, пути решения, инновации : сб. ст. по материалам Международной науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию создания Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та. Воронеж : Воронеж гос. архит.-строит. ун-т., 2011. С. 166—171.

14. *Азаров В. Н., Маринин Н. А., Жоголева Д. В.* Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2,5) в атмосфере городов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5—2. С. 144—148.

15. *Сидоренко В. Ф., Аброськин А. А., Сидоренко И. В.* Проектирование и исследование градоэкологических систем. Градоэкологический паспорт жилого объекта : уч.-мет. пособие. Волгоград, 2016.

© Сидоренко В. Ф. Кузнецов Г. С., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Сидоренко В. Ф. Кузнецов Г. С. Разработка метода оценки влияния точечной застройки на изменение градоэкологической ситуации // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 224—232.

Об авторах:

Сидоренко Владимир Федорович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, kafedra_gsx@mail.ru

Кузнецов Георгий Сергеевич — аспирант кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, RDII@yandex.ru

Vladimir F. Sidorenko, Georgiy S. Kuznetsov

Volgograd State Technical University

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF POINT DEVELOPMENT ON CHANGES IN THE URBAN ECOLOGICAL SITUATION

This study examines the change in the environmental quality of the urban environment when placing construction facilities in the existing buildings. On the need for a method of applying the filling of environmental assessment when placing construction sites in the existing building.

In the assessment, changes in environmental indicators were considered both during the construction of the facility and in operation mode.

K e y w o r d s: Spot building, urban ecological safety, environmental safety, ecology.

For citation:

Sidorenko V. F., Kuznetsov G. S. [Development of a method for assessing the impact of point development on changes in the urban ecological situation]. *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], 2020, iss. 2, pp. 224—232.

About authors:

Vladimir F. Sidorenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, honoured science worker of RF, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, kafedra_gsx@mail.ru

Georgiy S. Kuznetsov — Post Graduate student of Urban Planning and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, RDII@yandex.ru

УДК 711.4

В. В. Прокопенко, О. А. Ганжа, О. А. Растяпина

Волгоградский государственный технический университет

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Проведен анализ развития экологических поселений на территории субъекта РФ — Волгоградской области — с учетом территориального планирования, определены группы факторов, которые оказывают влияние на формирование экопоселений. Выделены исторические этапы формирования экопоселений, рассмотрен зарубежный и отечественный опыт образования экопослений, выявлена их структура и установлены основные критерии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: урбанизация, субурбанизация, экопоселение, качество среды.

В течение всего XX столетия люди стремилось жить в городах, что привело к быстрому росту городов и бурному росту урбанизации территории. Почти 73 % населения России проживает в городах. Такая концентрация населения приводит к ухудшению качества жизни горожан. В начале XXI столетия все сферы жизнедеятельности человека стремительно развиваются и прослеживается процесс субурбанизации — активного развития пригородов — зон, расположенных вокруг крупных мегаполисов.

Сегодня важно для человека, в какой среде он проживает. Ее качество и соответствие требованиям современного человека играют важную роль в жизни населения. Вопросы экологии и здорового образа жизни поднимаются не только в научных работах, проектах, а также в средствах массовой информации и социальных сетях [1—3].

Основные идеи экопоселений основываются на концепции устойчивого развития, что подразумевает удовлетворение потребностей каждого человека с сохранением окружающей среды и улучшение экологии для настоящего и будущего поколений, так как создание и развитие экопоселений отвечает основным задачам градостроительной деятельности [4].

Основной идеей развития Волгоградской области является устойчивое развитие территорий, которое заключается в обеспечении при осуществлении градостроительной деятельности безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и обеспечение охраны и рационального использования природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений[1].

Одним из вариантов решения может стать создание экопоселений — альтернативных поселений с экологически чистой окружающей средой. Возможности производства органических продуктов, развитие туризма по таким поселениям — все это благоприятно будет воздействовать на здоровье человека и на улучшение экологии региона.

[1] Проект Стратегии Волгоградской области от 16.11.2012.

Правовой основной в части нормативов проектирования, развития, эксплуатации экопоселений, а также административно-территориального устройства Волгоградской области являются Конституция Российской Федерации, Градостроительный кодекс РФ, Законодательство Российской Федерации, Законодательство Волгоградской области, Устав Волгоградской области, Закон № 139-ОД Волгоградской области «Об административно-территориальном устройстве Волгоградской области».

В современной истории формирования и развития экопоселений рассматривается зарубежный опыт их возникновения, который начинается после Второй мировой войны, где можно выделить три основных этапа [4—6].

Первый этап образования экопоселений относится к послевоенному периоду конца 40-х — начала 50-х годов, они созданы в виде «общин» и «коммун».

Второй этап относится к 60—70-м годам XX века, в этот период появляются первые экопоселения в Европе. Разрабатываются экономические модели по созданию поселений, которые согласно социальной и экономической структуре стремятся к автономности и независимости, заключающиеся в правовом статусе и самообеспечении ресурсами. В 1968 году в Южной Индии под контролем ЮНЕСКО заложен «Ауровиль», который является на сегодняшний день успешным примером создания и развития экопоселений.

К характерным особенностям *третьего этапа* относится признание и утверждение сохранившихся «коммун» и «общин» как экопоселений. Подобный опыт образования и развития экопоселений свойственен европейским странам, таким как Финляндия, Франция, Швеция, Беларусь и другие.

В Беларуси большое распространение имеют агрогородки благодаря государственной программе возрождения и развития села. Они образованы на основании существующих единиц административно-территориального деления. Существующие поселения преобразованы в новые современные агрогородки, что способствует повышению качества жизни сельского населения, переходу к новому уровню в развитии и обеспечении граждан социальной инфраструктурой, трудовой деятельности в сельской местности и на прилегающих территориях [7].

В России образование первых экопоселений можно отнести к концу XX в. К крупным экопоселениям относятся: «Гришино» в Ленинградской области, «Нево-Эковиль» в Республике Карелия, «Тиберкуль» в Красноярском крае и «Китеж» в Калужской области, которые постепенно развиваются, и в них растет количество жителей (табл. 1) [4, 8—10].

Анализ рассмотренного опыта формирования экопоселений показал, что на современном этапе значение термина «экопоселение» имеет разную трактовку (рис. 1) в зависимости от страны и этапа развития [4—7, 10].

В данной статье авторы придерживаются определения «экопоселение», как небольшое сельское поселение с устойчивым развитием, предназначенное для обеспечения высокого уровня жизни населения за счет развитой социальной, инженерной, транспортной и экономической инфраструктур, при условии достижения высоких экологических показателей [4].

Таблица 1

Характеристика первых экопоселений XX в. на территории России

Экопоселение	Характеристика
Гришино	Планировочная структура поселения представлена отдельными группами хуторов вдоль берега реки Важинки. Экопоселение состоит под охраной государства, являясь памятником архитектуры. Создание природно-архитектурного заказника на территории «Гришино» и «Согиницы» является одним из реализуемых проектов населения
Китеж	Основан в 1993 г. Вся жизнь экопоселения организована с целью адаптации детдомовских детей, их дальнейшего воспитания, развития и образования в условиях коммуны
Нево-Эковиль	Официально зарегистрировано в 1995 г. Духовное развитие жителей основывается на взаимоотношении человека и природы. Деятельность поселения связана со строительством и эксплуатацией жилых объектов, внедрением альтернативных источников энергии, образованием в сфере экологии, проектами по лесовосстановлению и очистке водоемов
Тиберкуль	Расположен на территории Красноярского края с численностью населения 3—5 тыс. человек. Планировочно сложилось из поселений, расположенных в заповедной зоне. Особенностью является отказ от денежной валюты и стремление к самообеспечению. Идеология поселения — общинное религиозное направление с экологическими особенностями

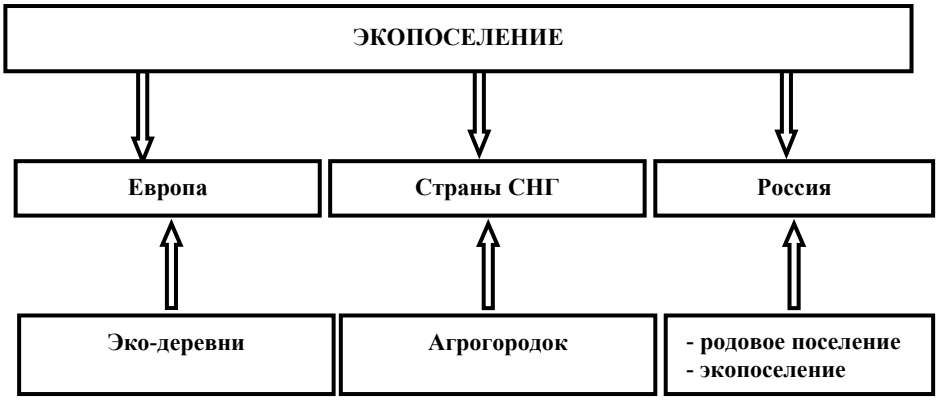


Рис. 1. Структурная схема классификации экопоселений на территории Европы, России и стран СНГ

Экопоселение является территориальной единицей градостроительной системы, которая представлена совокупностью пространственно-организованных и взаимосвязанных элементов, формирующих среду жизнедеятельности общества на разных градостроительных уровнях. При проектировании экопоселений следует выделить различные уровни:

1) территориальный — на стадии схем территориального планирования субъектов и муниципальных образований Российской Федерации;

2) градостроительный — на стадии генеральных планов городов, поселений;

3) объектный — на стадии проектов планировки и межевания территории;

4) детальный — на стадии рабочих проектов, проектной документации.

Градостроительные системы оцениваются на основе четырех основных показателей, критериев экопоселений (рис. 2).

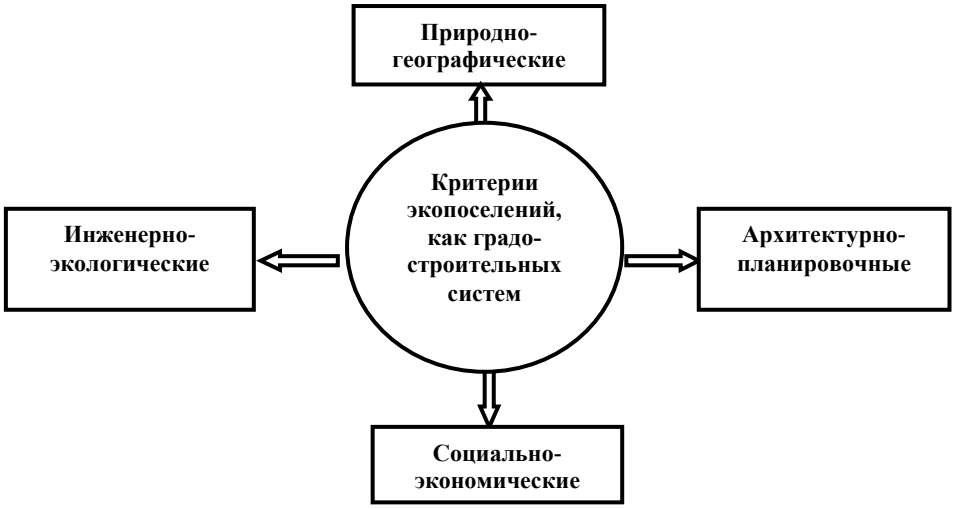


Рис. 2. Критерии экопоселений как градостроительных систем

На основании критериев оценки экопоселений как градостроительных систем предложены теоретические модели размещения экопоселений на территории области [11, 12]:

Модель 1 — отсутствие антропогенного загрязнения. В поселении отсутствует тяжелая промышленность, объекты антропогенного загрязнения окружающей среды. Развито сельское хозяйство, туризм, а также легкая промышленность.

Модель 2 — архитектурно-планировочные особенности. Они заключаются в наличии свободной планировки, численности населения до 5000 человек, доступности административного центра и статусе поселения, ресурсном потенциале для экологического строительства.

Модель 3 — рекреационная зона заповедников. Расположение поселений вблизи особо охраняемых природных территорий и в их рекреационной зоне. Возможность развития культурно-оздоровительной и туристической отрасли.

Модель 4 — наличие на территории водных объектов, акваторий. Водные объекты или акватории являются частью структуры экопоселения, способствующие улучшению микроклимата. Развитие сельского хозяйства и туризма как основных направлений экономики.

Оценка опыта развития экопоселений в мировой практике показывает, что в России на сегодняшний момент экопоселения находятся на ранней стадии развития и не имеют достаточной практической и законодательной базы для дальнейшего распространения по территории страны.

Рассматривая систему расселения региона, можно выделить ее основные формы. Волгоградская область представлена в виде городских округов и муниципальных районов. Административные районы, в свою очередь, подразделяются на городские и сельские поселения. К городским поселениям отно-

сятся города и поселки городского типа. К сельским поселениям — село, деревня, поселки хозяйственных поселений.

Административно-территориальное деление Волгоградской области для организации местного самоуправления подразделяют на 6 городских округов и 32 муниципальных района, которые состоят из 452 поселений: из них 423 — это сельские поселения, а 29 — городские поселения.

Большая часть населения Волгоградской области проживает в городе. Согласно данным на 2019 г. численность населения, проживающая в них, составляет 1978,3 тысяч человек, а в сельских поселениях — 556,9 тысяч человек. Таким образом, 78 % людей располагается в городах, и только 22 % — в сельских поселениях. Однако по занятой площади территории Волгоградской области ситуация отличается. Только 5 % территории региона отведены под городские поселения, тогда как сельские поселения занимают 95 % всей территории.

Результаты проведенного исследования показывают неоднородность расселения Волгоградской области, сложившаяся ввиду исторического развития и современных особенностей, на которую, в свою очередь, оказывают влияние природные условия и экономическое развитие территории в процессе образования населенных пунктов.

На процесс развития экопоселений в Волгоградской области наибольшее влияние имеют природно-географические и социально-экономические критерии (рис. 1). С целью оценки процесса развития экопоселений на территории региона проведен их анализ (табл. 2).

Таблица 2

Анализ территории региона Волгоградской области с целью оценки процесса развития экопоселений

Критерий	Условия	Характеристики
Природно-географические	Климатические	1. Степная зона 2. Сухостепная зона 3. Полупустынная зона
	Почвенные	1. Зона черноземных почв 2. Зона темных каштановых почв 3. Зона интразональных почв (светлых каштановых с солонцами)
	Рекреационные	1. Зона природных парков 2. Зона природных заказников 3. Зона охраняемых ландшафтов и курортов
Социально-экономические	Доступность центра	1. Зона I, менее 100 км 2. Зона III, 100…200 км 3. Зона III, более 200 км
	Численность населения	1. Более 20 000 жителей 2. 10 000—20 000 жителей 3. 5000—10 000 жителей 4. Менее 5000 жителей
	Производство	1. Промышленность 2. Сельское хозяйство 3. Культура, отдых и туризм

Согласно проведенному исследованию (табл. 2), анализ территории региона Волгоградской области по предложенным критериям показывает, что она обладает большим потенциалом развития качественной среды в силу своего уникального географического положения, природных условий и исторического наследия и может рассматриваться как один из наиболее перспективных рекреационных регионов на юге России. Анализ природно-географических и социально-экономических критериев устанавливает принадлежность территорий, которые пригодны для создания и развития экопоселений, а также уже существующие на них городские и сельские поселения (табл. 3).

Таблица 3

Градостроительная деятельность на уровне территориально планирования субъекта РФ Волгоградской области

№ п/п	Муниципальный район	Тип населенного пункта	Наименование населенного пункта
1	Алексеевский район	Сельское поселение	Алексеевское
2	Алексеевский район	Сельское поселение	Усть-Бзулукское
3	Быковский район	Городское поселение	Быковское
4	Городищенский район	Поселок городского типа	Новый Рогачик
5	Серафимовичский район	Сельское поселение	Бобровское
6	Дубовский район	Сельское поселение	Усть-Погожинское
7	Еланский район	Сельское поселение	Краишево
8	Палассовский район	Сельское поселение	Эльтонское
9	Иловлинский район	Сельское поселение	Трехостровское
10	Чернышковский район	Сельское поселение	Тормосиновское
11	Камышинский район	Сельское поселение	Воднобуерачное
12	Котельниковский район	Городское поселение	Котельниковское
13	Даниловский	Сельское поселение	Островское
14	Дубовский	Сельское поселение	Пичужинское
15	Среднеахтубинский	Сельское поселение	Красное
16	Среднеахтубинский	Сельское поселение	Куйбышевское

Анализ территорий поселений (см. табл. 3) проведен по четырем критериям. На их основе можно выделить следующие поселения, отвечающие критериям градостроительной системы экопоселения: Алексеевское, Бобровское, Эльтонское, Трехостровское, Островское, Пичужинское, Красное и Куйбышевское сельские поселения.

Помимо сложившихся населенных пунктов территория Волгоградской области имеет потенциал для дальнейшего развития, используя свободные территории. Основным преимуществом Волгоградской области можно назвать большое количество свободных территорий.

Однако несмотря на потенциал создания новых экопоселений, в существующих экопоселениях Волгоградской области остро стоит проблема качества среды. Качество среды зависит от группы факторов [4, 11, 13] (см. рис. 3), влияющих на него и конкурентоспособности территории, что в совокупности формирует устойчивое развитие территории.

Выбор территории для размещения экопоселений необходимо проводить с учетом факторов, определяющих пригодность территории. Создание среды в экопоселениях должно производиться на основании взаимодействия человека и окружающей обстановки. Формировать необходимо не отдельные на-

селенные пункты как осуществление процесса зонирования территории с соблюдением проектных норм, а среду в целом, которая будет соответствовать качественному уровню проживания.

Рис. 3. Факторы, оказывающие влияние на качество среды экопоселений

Результаты изучения процесса расселения и анализ критериев поселений показывают большое многообразие территорий региона Волгоградской области, которые обладают перспективой развития экопоселений. Сформулированные факторы позволят провести оценку качества среды в существующих и вновь проектируемых экопоселениях.

Проведенный анализ восьми поселений региона Волгоградской области позволяет разработать модель, в основу которой положена математическая оценка факторов поселений, оказывающих влияние на качество среды. Каждая группа факторов характеризуется несколькими критериями, которые, в свою очередь, зависят от следующих условий [14]:

1. Уровень развития жилого фонда зависит от качества застройки и обеспеченности жильем. Транспортная инфраструктура характеризуется наличием магистралей городского значения, асфальтированных дорог и качеством дорожного покрытия. Развитие инженерной инфраструктуры зависит от обеспеченности жилых домов водоснабжением, водоотведением, теплоснабжением, электроснабжением и газификацией. Благоустройство территории связано с наличием рекреационных зон и уровнем озеленения территории. Климатические условия характеризуются инсоляционным и аэрационным режимом.

2. Демография, миграция, а также концентрация трудоспособного населения влияют на качество среды. Уровень развития социальной инфраструктуры зависит от наличия объектов здравоохранения, образования и детских дошкольных учреждений. Культурно-бытовое обслуживание характеризуется доступностью спортивных, культурно-просветительских объектов, объектов торговли и общественного питания. Производственный потенциал территории определяется развитием промышленного, сельскохозяйственного комплекса, сферы туризма.

3. Санитарно-гигиенические условия зависят от уровня шума, пыли, загазованности и соблюдения противопожарных требований. Для экологического строительства характерно применение альтернативных источников энергии, экологических строительных материалов, безотходного жилого комплекса. Бе-

режное природопользование подразумевает сохранение естественного ландшафта и природных ресурсов, восстановление озеленение и лесов.

Условия оцениваются по шкале от 0 до 3 баллов, которые определяются согласно нормативным значениям и принципам влияния критериев на качество жизни. По результатам оценки формируется сводная таблица, в которой указываются суммарные баллы по каждому критерию фактора. В результате проведенного оценивания определяется процентное соотношение полученного балла от максимального значения. По полученному значению процента каждого критерия из трех групп факторов составляется векторная диаграмма по анализируемым территориям поселений (табл. 4).

Таблица 4

Векторные диаграммы оценки качества среды территории поселений

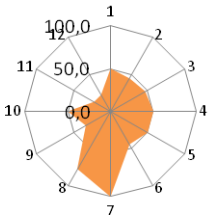
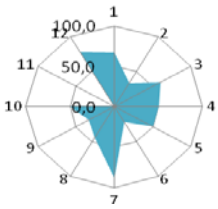
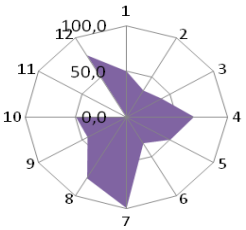
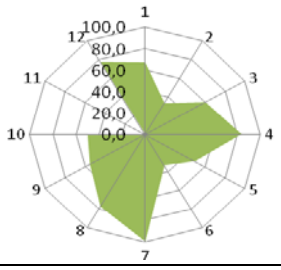
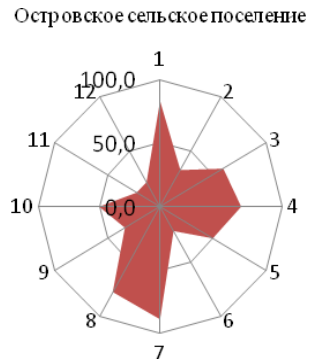
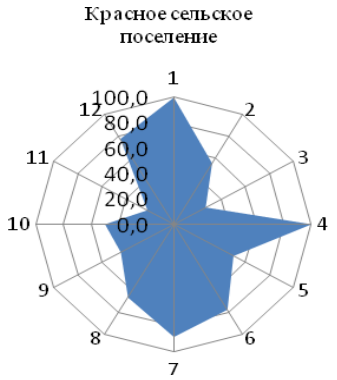
Диаграмма поселения	Характеристика
Алексеевское сельское поселение 	Согласно диаграмме в Алексеевском сельском поселении развитие получили социальная инфраструктура и культурно-бытовое обслуживание, которые выполняют требования на 80…100 %. Остальные факторы характеризуются от 0 до 50 % соответствия
Бобровское сельское поселение 	Векторная диаграмма Бобровского сельского поселения указывает на развитие жилого фонда, социальной сферы, основ бережного природопользования, которое составляет 70…80 % от максимального значения. Оценка других факторов различается и имеет соотношение 0 — 60 %
Эльтонское сельское поселение 	Эльтонское сельское поселение согласно диаграмме развивается в сфере социальной инфраструктуры, культурно-бытового обслуживания и бережного природопользования, значения которого достигают 80…100 %. Остальные факторы имеют значения от 20 до 60 %, за исключением соблюдения основ экологического строительства — 0
Трехостровское сельское поселение 	Согласно диаграмме в Трехостровском сельском поселении преобладает развитие благоустройства, социальной инфраструктуры, культурно-бытового обслуживания и бережного природопользования, соответствие нормам которых составляет 80…100 %. Экологическое строительство на территории поселения развито на 0 %, другие факторы — на 40…60 %

Диаграмма поселения	Характеристика
	Островское сельское поселение имеет небольшой процент развития всех факторов среды. Так, жилой фонд, социальная инфраструктура и культурно-бытовое обслуживание оцениваются на 80 %. Развитие остальных факторов имеет значение от 20 до 60 %
	Согласно диаграмме оценки качества среды в Пичужинском сельском поселении развитие преобладает в социальной сфере и культурно-бытовом обслуживании — 80 %. Значения других факторов различаются и оцениваются от 20 до 60 %
	Развитие жилого фонда, благоустройства, демографического состава, социальной инфраструктуры, культурно-бытового обслуживания и бережного природопользования в обоих поселениях достигает 80…100 %. Инженерная инфраструктура и экологическое строительство в наименьшей степени развиты на территории поселения, что составляет 20…40 %. Остальные значения развития факторов составляют 40…60 %
	Развитие жилого фонда, благоустройства, демографического состава, социальной инфраструктуры, культурно-бытового обслуживания и бережного природопользования в обоих поселениях достигает 80…100 %. Инженерная инфраструктура и экологическое строительство в наименьшей степени развиты на территории поселения, что составляет 20…40 %. Остальные значения развития факторов составляют 40…60 %

Лидерами проведенной оценки качества среды являются два сельских поселения Среднеахтубинского района: Красное и Куйбышевское.

Существующее состояние качества среды в экопоселениях развито в сфере социальной инфраструктуры, культурно-бытового обслуживания и благоустройства. В меньшей степени в экопоселениях Волгоградской области используются средства экологического строительства. Остальные характеристики факторов имеют средний показатель и различаются в экопоселениях.

Модель оценки качества среды позволяет выделить конкурентоспособные экопоселения — Трехостровское, Пичужинское, Красное, Куйбышевское сельские поселения. Таким образом, территории Иловлинского, Дубовского, Среднеахтубинского районов обладают перспективными условиями для создания экопоселений, отвечающих требованиям устойчивого развития.

Трехостровское сельское поселение Иловлинского района располагается в зоне природного парка «Донской». Рекреационная зона особо охраняемой природной территории предполагает активную деятельность по сохранению природных ресурсов и ландшафтов, лесовосстановлению.

На территории Пичужинского сельского поселения Дубовского района созданы родовые поселения, которые стремятся к использованию альтернативных источников энергии, минимизации отходов, а также развивают экологический туризм.

На территории Среднеахтубинского района, в котором находятся Красное и Куйбышевское сельские поселения, располагается природный парк «Волго-Ахтубинская пойма». Его территория разделена многочисленными балками, ериками, протоками. Отсутствие предприятий промышленности, сохранившиеся природные ландшафты и разнообразие природных ресурсов, близость двух крупных городских округов являются основными факторами притяжения к району. Также в рассмотренных сельских поселениях уже существуют родовые поселения, целью которых является ведение экологического хозяйства, отказ от использования источников традиционного электроснабжения, применение в строительстве экологических материалов.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы [11, 12]:

1. Анализ экопоселений на территории РФ показывает, что в России данный вид поселений находится в стадии развития ввиду того, что возникновение экопоселений началось несколько позже, чем в зарубежных странах. На современном этапе развития не существует сложившейся схемы расселения экопоселений в России и общих принципов размещения их на территории Российской Федерации.

2. Анализ системы расселения региона Волгоградской области показывает, что сложившееся в течение исторического развития и современных особенностей расселение неравномерно и обладает потенциалом для развития экопоселений, для которых определено место в структуре расселения как нового направления создания и развития населенных пунктов в сельских поселениях, отвечающего принципам устойчивого развития территорий.

3. В законодательно-нормативной базе Российской Федерации сегодня недостаточно развито правовое обеспечение и нормативное регулирование для создания, проектирования и эксплуатации экопоселений на территории Российской Федерации. Недостаточна научно-методическая основа ком-

плексного и системного решения всей совокупности составляющих существующей проблемы совершенствования организации сельских поселений.

4. Разработана модель оценки качества среды в экопоселениях, которая заключается в применении балльной оценки каждой характеристики факторов и определении процентного соотношения относительно максимального значения. По результатам полученных значений процентных соотношений строятся векторные диаграммы, заполняемость которых отвечает результатам оценки качества среды. По полученной модели проанализированы восемь поселений Волгоградской области и выбраны три территории административных районов, обладающие благоприятными показателями относительно остальных поселений региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Герцберг Л. Я.* Качество городской среды: проблемы проектирования и реализации // Градостроительство. 2013 № 1(23). С. 28—32.

2. *Герцберг Л. Я.* Качество городской среды: проблемы проектирования и реализации // Теория градостроительства. 2013. № 2(24). С. 29—33.

3. *Sidorenko V. F., Balakin V. V., Antyufeev A. V.* Protection of pedestrian zones and residential areas from vehicle emissions by trees and shrubbery planting technique // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019). 2019. Vol. 687. 7 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/5/055020/pdf. — doi:10.1088/1757-899X/687/5/055019.

4. *Герцберг Л. Я.* Нужны ли обществу экопоселения? // Академия. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С 79—87.

5. *Новиков В. А.* Архитектурная организация сельской среды : учебное пособие. М. : Архитектура-С, 2006. 376 с.

6. *Гилман Р.* Экодеревни и устойчивые поселения. СПб. : Центр гражданских инициатив, 1991. 266 с.

7. *Shcherbina E., Gorbenkova E.* Transformation of Belarus and Russian agricultural settlement system in the new economic conditions (post-Soviet period) // MATEC Web Conf. 2016. DOI: https://doi.org/10.1051/matecconf/20168607002.

8. About the dynamic model formation of the urban livelihood system compatible with the biosphere / V. Ilyichev, S. Emelyanov, V. Kolchunov, N. Bakaeva // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725—726. Pp. 1224—1230.

9. Estimation of indicators of ecological safety in civil engineering / V. Ilyichev, S. Emelyanov, V. Kolchunov, N. Bakayeva etc. // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Pp. 126—131.

10. *Кулясова А., Кулясов И.* Экопоселения в России. URL: http://www.ecolife.ru/video/5317/.

11. *Прокопенко В. В., Рубежанская Д. И.* К вопросу о факторах, влияющих на качество среды экопоселений // Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. № 1(13). 2019. С. 2—7.

12. *Прокопенко В. В., Рубежанская Д. И.* Основные принципы формирования экопоселений // Fundamentalis scientiam. 2019. № 26. С. 8—11.

13. *Щербина Е. В., Горбенкова Е. В.* Современные подходы градостроительного проектирования сельских поселений и малых городов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2018. № 4(24). С. 105—116.

14. *Prokopenko V. V., Ganzha O. A., Rastapana O. A.* Urban ecology features of large city disturbed territory development (case of Volgograd) // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019). 2019. Vol. 687. Iss. 5. 7 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/5/055038/pdf. — Doi:10.1088/1757-899X/687/5/055038.

© Прокопенко В. В., Ганжа О. А., Растяпина О. А., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Прокопенко В. В., Ганжа О. А., Растяпина О. А. Формирование экологических поселений на территории Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 233—244.

Об авторах:

Прокопенко Вячеслав Валентинович — канд. техн. наук, доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, v.v.p_24@mail.ru

Ганжа Ольга Александровна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ganzha_olga@mail.ru

Растяпина Оксана Анатольевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры экологического строительства и городского хозяйства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, o_kast@list.ru

Vyacheslav V. Prokopenko, Ol`ga A. Ganzha, Oksana A. Rastyapina

Volgograd State Technical University

FORMATION OF ECOLOGICAL SETTLEMENTS ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD REGION

The analysis of the development of ecological settlements in the territory of the Russian Federation — Volgograd region — with regard to territorial planning, to define the groups of factors that influence the formation of ecovillages. The historical stages of the formation of eco-settlements are highlighted, and the foreign one is considered.

K e y w o r d s: urbanisation, suburbanisation, eco-settlement; environmental quality.

For citation:

Prokopenko V. V., Ganzha O. A., Rastyapina O. A. [Formation of ecological settlements on the territory of 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], 2020, iss. 2, pp. 233—244.

About authors:

Vyacheslav V. Prokopenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, v.v.p_24@mail.ru

Ol'ga A. Ganzha — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Urban Development and Theory of Architecture Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, ganzha_olga@mail.ru

Oksana A. Rastyapina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Ecological Building and Municipal Facilities Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 1, Akademicheskaya St., Volgograd, 400074, Russian Federation, o_kast@list.ru

УДК 66.081.2

Н. А. Меренцов[а], А. Б. Голованчиков[а], В. А. Балашов[а], В. Н. Лебедев[б], А. В. Персидский[в]

[а] Волгоградский государственный технический университет
[б] Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг Волгоград-НИПИморнефть»
[в] АО ФНПЦ «Титан-Баррикады»

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ТУРБУЛИЗАЦИИ В ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ НАСАДОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ И ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых — кандидатов наук МК-1287.2020.8 «Моделирование процессов управления в массообменном экологическом и нефтегазоперерабатывающем оборудовании»

В работе представлена методика получения классифицирующего инструмента — коэффициента интенсивности развития турбулизации (индекса турбулизации), получаемого из анализа фильтрационных кривых при одно- и двухфазных фильтрационных течениях через слои тепломассообменных насадочных устройств, ориентированных на процессы абсорбции при селективной очистке газовых выбросов и испарительного охлаждения промышленной оборотной воды, позволяющего оценить эффективность контактных устройств для конкретного спектра массообменных процессов и аппаратов, а также осуществлять текущее распознавание и управление оптимальными гидродинамическими режимами для процессов селективной очистки газовых выбросов в промышленных абсорберах и испарительного охлаждения оборотной воды в частности. Коэффициент интенсивности развития турбулизации характеризует поведение тепломассообменных контактных устройств в определенном узком рабочем режимном (фильтрационном режиме) диапазоне и является отражением фактического гидромеханического режима взаимодействия фаз и механизма переноса импульса в фильтрационном течении.

Ключевые слова: насадочные контактные слои (устройства), абсорбция, испарительное охлаждение, селективная очистка газов, теплообмен, массообмен, фильтрационная кривая, фильтрационные течения, гидравлическое сопротивление, скорость фильтрации, индекс турбулизации.

Тепломассообменные насадочные устройства различных конфигураций и геометрических исполнений получили очень широкое применение во многих отраслях промышленности: химической, нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей, энергетической, строительной, пищевой, их смежных отраслях, а также в широком спектре массообменного экологического оборудования [1—8]. Их основные назначения — это развитие поверхности контакта между сплошной и дисперсной фазами, обеспечение интенсивных гидравлических режимов работы — развитого турбулентного и эмульгирования (инверсии фаз), создание требуемых показателей удерживающей способности по жидкой и газовой фазам, развитие близких к идеальным структур потоков контактирующих фаз и обеспечение высоких показателей интенсивности тепло- и массоотдачи и т. д.

Известно огромное количество тепломассообменных насадочных устройств, ориентированных на широкий спектр технологических задач и видов технологического оборудования [9—11], и активно продолжается работа по

разработке новых и совершенствованию существующих видов контактных насадочных тепло- и массообменных устройств [12—27].

Существуют традиционные характеристики тепломассообменных насадочных устройств, такие как удельная поверхность, порозность (пористость), эквивалентный диаметр, плотность укладки, которые, без сомнения, важны, но мало что дают, к примеру, в определении суммарной поверхности тепломассопередачи (больше подойдут для паспортных данных) или показателей интенсивности процессов тепло- и массопередачи. То же касается и рассчитываемых коэффициентов тепло- и массопередачи, а также важнейшего определяющего критерия Рейнольдса, отвечающего за гидродинамический режим работы, он в ряде случаев также субъективен и лишь формально отражает фактический гидродинамический режим и не расшифровывает механизм переноса импульса.

На наш взгляд, необходимо уделять особо пристальное внимание анализу фильтрационных кривых $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ при одно- и двухфазных фильтрационных течениях сквозь слои насадочных контактных элементов. Это связано с тем, что фильтрационные кривые аккумулируют в себе сведения о всех режимных диапазонах работы насадочных устройств, а также вкладах вязкостных и инерционных составляющих сопротивления в общий градиент давления при фильтрационном течении и влияния формы насадочных элементов на структуру фильтрационного течения и многое другое. В работах [28—32] была предложена методика $\lambda = f(\mathrm{Re}_м)$ экспресс-исследования насадочных материалов и адаптации их под определенный спектр массообменных процессов, что позволяет дать заключение о эффективности насадочных материалов и впоследствии осуществлять их классификацию под требования определенного процесса и аппарата. Данная методика базируется на экспериментальных исследованиях гидродинамики насадочных материалов, а именно снятии однофазных фильтрационных кривых $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ с дальнейшей обработкой полученных данных при помощи обобщающей критериальной зависимости коэффициента гидравлического сопротивления λ от модифицированного числа Рейнольдса ($\mathrm{Re}_м$) [28—32]. Этот инструмент открыл перед нами уникальные возможности классификации насадочных материалов согласно спектру массообменных процессов и упростил обработку огромных массивов полученных экспериментальных данных. Согласно разработанной экспресс-методике насадочные материалы, ориентированные на процессы абсорбции, экстракции, ректификации, мокрой очистки газов, испарительного охлаждения, займут свой режимный диапазон по модифицированному критерию Рейнольдса ($\mathrm{Re}_м$) на классифицирующей кривой $\lambda = f(\mathrm{Re}_м)$ [28—32], представленной на рис. 1.

Без сомнения, оптимальные показатели работоспособности и интенсивности процессов тепло- и массопередачи наблюдаются в развитых режимах течения и взаимного контакта жидкой и газовой фаз. К примеру, для процесса абсорбции, то есть селективной очистки газовых выбросов жидкими абсорбентами (поглотителями), наивысшие показатели работы наблюдаются в режиме эмульгирования (инверсии фаз), то есть в развитом турбулентном режиме работы, когда наблюдается активнейшее взаимное перемешивание контактирующих фаз, все это сопровождается развитием огромной поверхности тепломассопередачи в сопровождении с высочайшими показателями интенсивности процесса (коэффициент массоотдачи K_f). Для процесса испаритель-

ного охлаждения оборотной воды промышленных предприятий в замкнутых оборотных циклах, к примеру, согласно специфике процесса и насадочных устройств, ориентированных на этот процесс, режимы эмульгирования не достижимы (как правило) и насадочные устройства должны обладать такой конфигурацией, чтобы обеспечить высокие показатели удерживающей способности по жидкости, развитию поверхности жидкой фазы, и высокой проницаемостью по газовой фазе (воздуху), обеспечивающей поддержание высоких показателей движущей силы процесса тепло- и массоотдачи за счет воздухообмена. И в насадочных устройствах, ориентированных на тепломассообменный процесс испарительного охлаждения оборотной воды, именно воздух, режим течения с активным омыванием поверхностей капель и пленок обеспечивает турбулизацию и высокие показатели интенсивности процессов тепло- и массообмена.

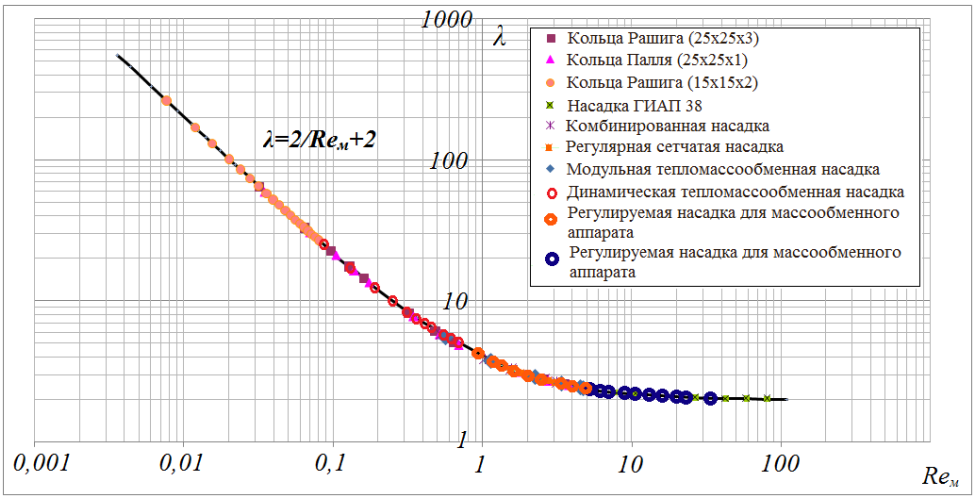


Рис. 1. Классифицирующая критериальная зависимость $\lambda = f(\mathrm{Re}_м)$ для анализа и адаптации насадочных материалов согласно спектру массообменных процессов

В обоих рассмотренных случаях, несмотря на абсолютно различную направленность таких процессов, как абсорбция и испарительное охлаждение, именно воздушный поток выполняет турбулизирующую функцию и именно комбинация режима течения жидкости по каналам, образованным насадочными элементами (по их поверхностям), и турбулизирующего потока газа (воздуха), активно тормозящего, омывающего поверхности контакта фаз и турбулизирующего омывающие потоки, приводит к искомым интенсифицирующим эффектам, обеспечивающим наивысшие показатели улавливания извлекаемых из газа компонентов при селективной очистке газовых выбросов (абсорбция) и требуемой глубине охлаждения оборотной воды промышленных предприятий (испарительное охлаждение).

В связи с вышеизложенным напрашивается характеристика тепломассообменных насадочных устройств, отражающая локальный турбулизирующий эффект, который может проявляться в определенном узком гидромеханическом режимном диапазоне, и служащая одним из важнейших аргументов при выборе и классификации тепломассообменных насадочных устройств, осо-

бенно для процессов селективной очистки газовых выбросов в промышленных абсорберах и испарительного охлаждения оборотной воды промышленных предприятий (и которая войдет в состав степенных критериальных гидродинамических и тепломассообменных уравнений как самостоятельный критерий). Также необходим универсальный инструмент для автоматического распознавания и поддержания оптимальных гидродинамических режимов работы контактных устройств как в лабораторных, так и в промышленных условиях. Эту характеристику мы будем называть коэффициентом интенсивности развития турбулизации (или индекс турбулизации I_n), отражающий локальный турбулизирующий эффект, свойственный для определенного рабочего режимного диапазона, сведения для определения которого будем черпать из анализа экспериментальных данных по одно- и двухфазным фильтрационным кривым $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ в определенном интересующем рабочем режимном диапазоне. Рассмотрим прикладной пример определения заявленного коэффициента.

Уточним основные понятия. Фильтрационная кривая — это экспериментально получаемая зависимость $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ без уточнения диапазона этой зависимости по скорости фильтрации. Полная фильтрационная кривая — это фильтрационная кривая $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$, построенная в широком диапазоне изменения скоростей фильтрации, в пределах от $\upsilon_ф = 0$ до развитого турбулентного режима, когда достигнут квадратичный закон фильтрации.

На рисунке 2 представлены «полные» фильтрационные кривые $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ для двух тепломассообменных насадочных устройств в широком режимном диапазоне по скорости фильтрации $\upsilon_ф$. Сразу следует отметить, что коэффициент интенсивности развития турбулизации мы можем определить для каждой отдельной фильтрационной кривой, полученной в ходе экспериментальных исследований любых насадочных тепломассообменных устройств в любом интересующем нас режимном диапазоне, так как функция фильтрационной кривой всегда нелинейная. Данный пример считаем наиболее наглядным, так как мы наблюдаем пересечение фильтрационных кривых, полученных в ходе экспериментальных исследований различных по структуре насадочных устройств, в режимном диапазоне, соответствующем рабочему для конкретного процесса и аппарата.

На рисунке 2, выбранном в качестве наиболее наглядного примера, наблюдается пересечение фильтрационных кривых *1* и *2* в режимном диапазоне, соответствующем рабочему, при скорости фильтрации $\upsilon_ф^*$, что по общепринятым представлениям свидетельствует о том, что при этой скорости в насадочных устройствах наблюдается одинаковый гидродинамический режим течения, который классифицируется согласно Re^*, однако даже невооруженным взглядом видно, что степень интенсивности развития турбулизации у тепломассообменной насадки *2* в пределах выбранного рабочего интервала гораздо выше, чем у насадки *1*, и в конкретной точке пересечения $\upsilon_ф^*$ гидромеханический режим тепломассообменной насадки *2* гораздо интенсивнее, и мы наблюдаем абсолютно разные механизмы переноса импульса за счет существенного вклада инерционной составляющей структуры фильтрационного течения, даже несмотря на то, что по формальным признакам наблюдается одинаковый гидродинамический режим, соответствующий Re^*.

По мере увеличения скорости фильтрации составляющая гидравлического сопротивления, обусловленная действием сил инерции и возрастающая в связи с развитием турбулизации во внутрипоровом пространстве и более интенсивными темпами, чем силы вязкого трения, достигает величины достаточной для обнаружения ее присутствия в общем гидравлическом сопротивлении с помощью используемых средств замера давления. С этого момента экспериментально получаемая зависимость $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ становится нелинейной, плавно склоняясь в сторону увеличения общего гидравлического сопротивления. Скорость фильтрации, при которой обнаруживается появление нелинейной фильтрации, является тем ее критическим значением $\upsilon_{кр}$, которое определяет верхнюю границу возможного применения закона Дарси в пределах погрешности замера давления, допускаемый техникой эксперимента и графической точностью аппроксимации опытных данных. Дальнейшее увеличение скорости фильтрации приводит к постепенному формированию развитого турбулентного режима течения жидкости во внутрипоровом пространстве и, соответственно, росту сил инерции в фильтрационном потоке, намного превышающих действие сил вязкого трения.

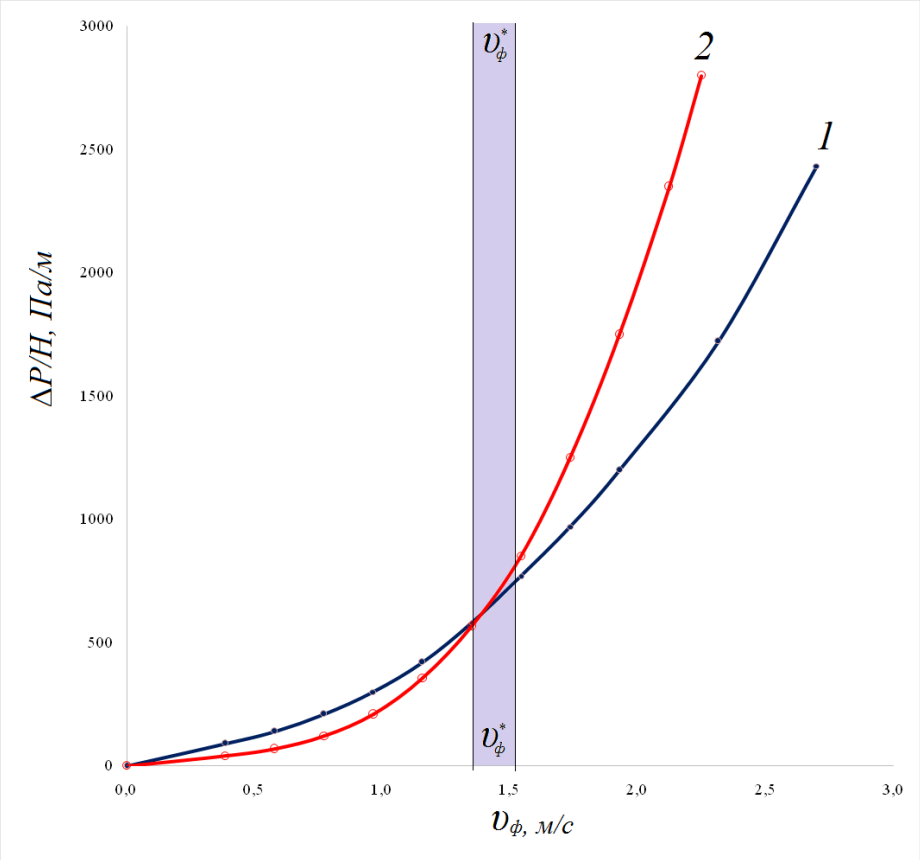


Рис. 2. Фильтрационные кривые $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ для двух различных по структуре тепломассообменных насадок с выделенным рабочим режимным диапазоном: *1* — кольца Палля (25 × 25 × 1 мм); *2* — динамическая тепломассообменная насадка (25 × 25 × 2 мм) [28]

Простейшей зависимостью для описания закономерности фильтрации является степенное уравнение вида:

$$\upsilon_{ф} = K_{тр}\left(\frac{\Delta P}{H}\right)^{\frac{1}{I_n}}, \qquad (1)$$

где $K_{тр}$ — коэффициент, учитывающий влияние структуры порового пространства на формирование динамики турбулентного течения; $1/I_n$ — показатель степени, отражающей интенсивность динамики развития сил инерции в турбулентном фильтрационном потоке. Так как значения $K_{тр}$ и I_n являются функциями скорости фильтрации, то уравнение (1) может быть использовано для описания зависимости $\Delta P/H = f(\upsilon_{ф})$ только в пределах узкого диапазона изменения скорости фильтрации. Аппроксимация линейной зависимостью этих опытных данных, представленных в координатах $\lg(\Delta P/H) - \lg\upsilon_{ф}$, позволяет определить значения $K_{тр}$ и I_n. Значения I_n, найденные для ряда интервалов по возрастающей скорости фильтрации, могут служить показателем меры интенсивности нарастания составляющей общего градиента давления за счет сил инерции, обусловленных возрастающей турбулизацией потока в поровом пространстве (рис. 3).

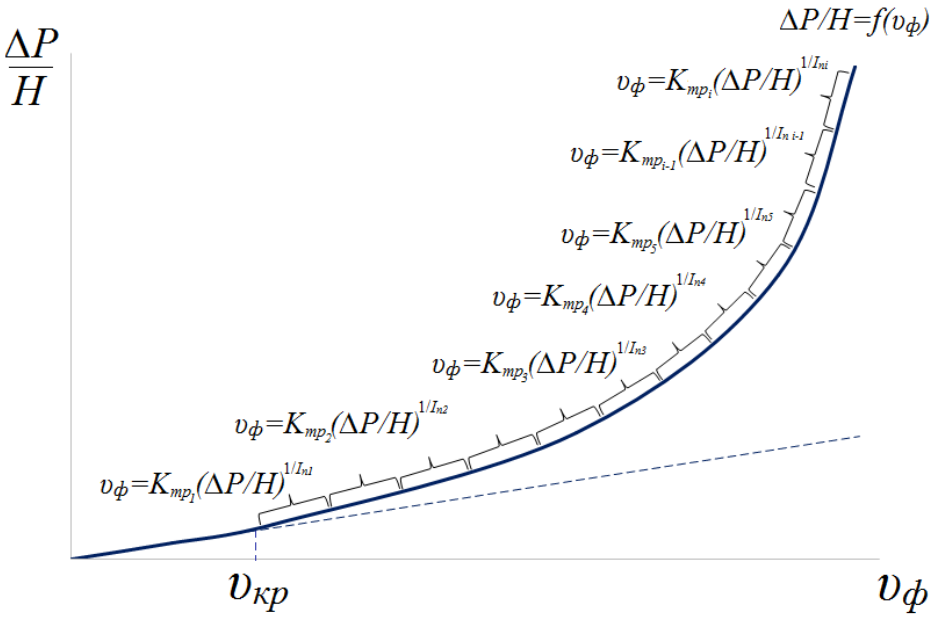


Рис. 3. График дробно-нелинейной аппроксимации нелинейного участка фильтрационной кривой течения через слои тепломассообменных насадочных контактных устройств

Индекс турбулизации I_n является важным классифицирующим показателем в переходном режимном диапазоне — от ламинарной фильтрации до развитого турбулентного режима, когда достигается квадратичный закон фильтрации, то есть индекс турбулизации варьируется в диапазоне от I_n = 1…2, так как подавляющее большинство рабочих режимных диапазонов тепломассооб-

менных насадочных контактных устройств, ориентированных на процессы абсорбции, ректификации, мокрой очистки газов, испарительного охлаждения, лежат именно в переходном гидродинамическом режиме.

Индекс турбулизации несет в себе не только классифицирующий потенциал для выбора контактных устройств, сравнения их эффективности и оптимизации гидромеханических режимов. Он может быть использован в качестве одного из основных инструментов для автоматизированного текущего управления гидродинамическими режимами тепломассообменного оборудования [33—35], и сам индекс наряду с сопутствующими основными технологическими характеристиками может с легкостью определяться и автоматически распознаваться в ходе автокалибровки массообменных аппаратов селективной очистки газовых выбросов и испарительного охлаждения [33, 34]. То есть это уникальный инструмент автоматизированного саморегулирования тепломассообменных систем как для упруго-деформируемых насадочных контактных устройств, поддающихся текущему автоматизированному регулированию [33—35], так и для нерегулируемых насадочных контактных устройств с постоянными структурными свойствами.

Таким образом, на первый план при классификации гидродинамического режима течения в рабочем диапазоне может выйти более объективная характеристика — коэффициент интенсивности развития турбулизации (индекс турбулизации I_n), который определяется как показатель степени $I_n = 1…2$ при аппроксимации фильтрационных кривых в определенном узком рабочем диапазоне, соответствующем рабочему для конкретного процесса и аппарата, который очень легко и быстро определяется, является достоверным и информативным для классификации фактического режима течения и отражающий механизм переноса импульса энергии. Мы получаем важнейшую показательную классифицирующую характеристику, которую можем черпать из анализа фильтрационных кривых $\Delta P/H = f(\upsilon_ф)$ для любых видов насадочных устройств, особенно ориентированных на такие процессы, как абсорбция при селективной очистке газовых выбросов и испарительное охлаждение оборотной воды промышленных предприятий, которая может свидетельствовать о развитии наиболее эффективных гидродинамических режимов, преимущественных вкладах инерционных составляющих в общую структуру фильтрационного течения, а соответственно, и оптимальных показателях интенсивности процессов тепло- и массопередачи, наилучших показателях улавливания извлекаемых из газов компонентов при меньших энергетических затратах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дмитриев А. В., Мадышев И. Н., Дмитриева О. С.* Экспериментальное исследование гидравлических и тепломассообменных показателей наклонно-гофрированных контактных элементов оросителя градирни // Экология и промышленность России. 2020. № 24(1). С. 4—8.

2. Перспективы использования промышленных отходов машиностроительных предприятий для решения экологических проблем строительной отрасли / Н. А. Меренцов, А. В. Персидский, В. Н. Лебедев, А. Г. Карасев и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 4(77). С. 182—195.

3. *Dmitriev A. V., Dmitrieva O. S., Madyshev I. N.* Optimal Designing of Mass Transfer Apparatuses with Jet-Film Contact Devices // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Vol. 53. № 7—8. Pp. 430—434.

4. Study of Fluid Dynamics of Mass-Transfer Apparatuses Having Stream-Bubble Contact Devices / I. N. Madyshev, O. S. Dmitrieva, A. V. Dmitriev, A. N. Nikolaev // Chemical and Petroleum Engineering. 2016. Vol. 52. № 5—6. Pp. 299—304.

5. Heat and Mass Exchange Packing for Desinfection of Circulation Water in Electric Field / N. Merentsov, A. Persidskiy, V. Lebedev, N. Prokhorenko etc. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 983.Pp. 547—559.

6. Численное исследование тепломассообмена в градирнях со струйно-пленочными контактными устройствами / И. Н. Мадышев, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, Л. Р. Аглиулова // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22. № 6. С. 67—70.

7. Assessment of Change in Torque of Stream-Bubble Contact Mass Transfer Devices / I. N. Madyshev, O. S. Dmitrieva, A.V. Dmitriev, A. N. Nikolaev // Chemical and Petroleum Engineering. 2015. Т. 51, № 5—6. С. 383—387.

8. *Меренцов Н. А., Голованчиков А. Б., Балашов В. А.* Автономные системы оборотного водоснабжения для малотоннажных химических производств // Известия ВолгГТУ. Сер.: Реология, процессы и аппараты химической технологии. Вып. 4 : межвуз. сб. науч. ст. Волгоград : ВолгГТУ, 2011. № 1. С. 102—104.

9. Насадки массообменных колонн / Б. А. Сокол и др. ; под ред. Д. А. Баранова. М. : Инфохим, 2009. 358 с.

10. Контактные насадки промышленных тепломассообменных аппаратов / А. М. Каган и др. ; под ред. А. Г. Лаптева. Казань : Отечество, 2013. 454 с.

11. *Меренцов Н. А., Голованчиков А. Б., Балашов В. А.* Экспериментальное исследование характеристик тепломассообменных насадочных устройств : учебное пособие. Волгоград : ВолгГТУ, 2018. 94 с.

12. Efficiency of the Contact Stage of a Jet-Film Device During Rectification of Ethylbenzene/Styrene Mixture / A. V. Dmitriev, O. S. Dmitrieva, I. N. Madyshev, A. N. Nikolaev // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Vol. 53. № 7—8. Pp. 501—507.

13. Тепломассообменная насадка испарительного охлаждения с развитым капельным режимом орошения (в порядке обсуждения) / Н. А. Меренцов, В. Н. Лебедев, А. В. Персидский, А. Б. Голованчиков и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 5. С. 4—14.

14. *Голованчиков А. Б., Меренцов Н. А., Балашов В. А.* Расчет вентиляторной градирни с капельным орошением // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. № 28(47). С. 171—178.

15. Контактное устройство со струйно-пленочным взаимодействием газа и жидкости : пат. № 187324 Рос. Федерации / А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, И. Н. Мадышев, А. А. Сагдеев и др. ; заявл. 26.11.2018; опубл. 01.03.2019, Бюл. № 7. 6 с.

16. Вентиляторная испарительная градирня с самораспределением жидкости пат. № 193253 Рос. Федерации / А. В.Дмитриев, О. С. Дмитриева, И. Н. Мадышев, А. И. Хафизова и др. ; заявл. 15.07.2019; опубл. 21.10.2019, Бюл. № 30. 6 с.

17. Устройство для очистки газов от средне- и мелкодисперсных частиц : пат. № 193334 Рос. Федерации / О. В. Соловьева, С. А. Соловьев, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева и др. ; заявл. 26.02.2019; опубл. 24.10.2019, Бюл. № 30. 2 с.

18. Оценка пропускной способности безреагентной испарительной градирни со струйно-пленочными контактными элементами / А. В. Дмитриев, И. Н. Мадышев, А. И. Хафизова, О. С. Дмитриева // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Т. 23. № 5(148). С. 902—910.

19. Разработка конструкции блока оросителя безреагентной испарительной градирни / И. Н. Мадышев, А. В. Дмитриев, А. И. Хафизова, О. С. Дмитриева // Актуальные проблемы в машиностроении. 2019. Т. 6. № 1—4. С. 162—167.

20. Экспериментальное исследование модульной тепломассообменной насадки градирен / Н. А. Меренцов, Е. Э. Нефедьева, В. Н. Лебедев, Е. А. Циркунова и др. // Вестник Казанского государственного технологического университета. 2017. Т. 20, № 24. С. 141—144.

21. *Golovanchikov A. B., Merentsov N. A., Balashov V. A.* Modeling and analysis of a mechanical-draft cooling tower with wire packing and drip irrigation // Chemical and Petroleum Engineering. 2013. Vol. 48. №. 9—10. С. 595—601.

22. *Голованчиков А. Б., Меренцов Н. А., Балашов В. А.* Моделирование и расчет вентиляторной градирни с проволочной насадкой и капельным орошением // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2012. № 10. С. 3—6.

23. Моделирование гидромеханических и тепло- и массообменных процессов в вентиляторной градирне с капельным орошением и проволочной насадкой / А. Б. Голованчиков, Н. А. Меренцов, В. А. Балашов, Я. А. Орлянкина // Известия ВолгГТУ. Сер.: Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. 2012. № 10(97). С. 22—28.

24. Регулярная блочная сетчатая насадка для локальных систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий / Н. А. Меренцов, В. Н. Лебедев, И. А. Хижняков, В. А. Балашов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2017. № 50(69). С. 80—87.

25. Experimental assessment of heat and mass transfer of modular nozzles of cooling towers / N. A. Merentsov, V. N. Lebedev, A. B. Golovanchikov, V. A. Balashov etc. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 115. № 012017. Pp 9.

26. *Golovanchikov A. B., Merentsov N. A.* Modelling of Absorption Process in a Column with Diffused Flow Structure in Liquid Phase // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 983.Pp. 635—644.

27. *Голованчиков А. Б., Залипаева О. А., Меренцов Н. А.* Моделирование сорбционных процессов с учетом структуры потока: монография. Волгоград : ВолгГТУ, 2018. 128 с.

28. *Меренцов Н. А., Голованчиков А. Б., Балашов В. А.* Моделирование тепломассообменных насадочных устройств с развитым капельным режимом течения : монография. Волгоград : ВолгГТУ, 2019. 140 с.

29. *Golovanchikov A. B., Balashov V. A., Merentsov N. A.* The filtration equation for packing material // Chemical and Petroleum Engineering. 2017. Vol. 53. № 1—2. Pp. 10—13.

30. *Merentsov N. A.* Method for experimental data processing in the sphere of hydrodynamics of packed heat and mass exchange apparatuses / N. A. Merentsov, V. A. Balashov, D. Y. Bunin, V. N. Lebedev // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 243.

31. *Меренцов Н. А., Балашов В. А., Орлянкина Я. А.* Критериальное уравнение для расчета гидравлического сопротивления сухой насадки // Известия ВолгГТУ. Сер. : Реология, процессы и аппараты химической технологии. 2013. № 1(104). С. 112—114.

32. *Голованчиков А. Б., Балашов В. А., Меренцов Н. А.* Уравнение фильтрации для насадочных контактных устройств // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2017. № 1. С. 8—10.

33. Автоматическое управление режимами работы аппаратов испарительного охлаждения промышленной оборотной воды / Н. А. Меренцов, В.Н. Лебедев, А. В. Персидский, А. С. Шилихин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 4(77). С. 124—135.

34. Автоматическое управление режимами работы насадочных аппаратов селективной очистки газовых выбросов / Н. А. Меренцов, А. В. Персидский, В. Н. Лебедев, А. Б. Голованчиков // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 2. С. 10—16.

35. Modelling and Calculation of Industrial Absorber Equipped with Adjustable Sectioned Mass Exchange Packing / N. Merentsov, A. Persidskiy, V. Lebedev, M. Topilin etc. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 983. Pp. 560—573.

© Меренцов Н. А., Голованчиков А. Б., Балашов В. А., Лебедев В. Н., Персидский А. В., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Оценка интенсивности развития турбулизации в тепломассообменных насадочных контактных устройствах для селективной очистки газовых выбросов и испарительного охлаждения промышленной оборотной воды / Н. А. Меренцов, А. Б. Голованчиков, В. А. Балашов, В. Н. Лебедев, А. В. Персидский // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 245—254.

Об авторах:

Меренцов Николай Анатольевич — канд. техн. наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, steeple@mail.ru, pahp@vstu.ru

Голованчиков Александр Борисович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры процессов и аппаратов химических производств, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28, pahp@vstu.ru

Балашов Вячеслав Александрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ); Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28, pahp@vstu.ru

Лебедев Виталий Николаевич — инженер, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг Волгоград-НИПИморнефть»; Российская Федерация, Волгоград, пр-т им. В. И. Ленина, 96, oilproject@lukoilvmn.ru

Персидский Александр Владимирович — инженер-конструктор, АО ФНПЦ «Титан-Баррикады»; Российская Федерация, 400071, г. Волгоград, a-persidsky@yandex.ru

Nikolai A. Merentsov[a], Aleksandr B. Golovanchikov[a], Vyacheslav A. Balashov[a], Vitalii N. Lebedev[b], Aleksandr V. Persidskiy[c]

[a] Volgograd State Technical University

[b] Branch of "LUKOIL-Engineering VolgogradNIPImorneft"

[c] JSC Federal Scientific and Production Centre "Titan — Barricady"

ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT OF TURBULIZATION IN HEAT AND MASS TRANSFER PACKING CONTACT DEVICES FOR THE SELECTIVE PURIFICATION OF GAS EMISSIONS AND EVAPORATIVE COOLING OF INDUSTRIAL CIRCULATING WATER

The paper provides a new method of obtaining a classifying instrument — a factor of turbulization development intensity (turbulization index) obtained from analysis of filtration cres in one- and two-phase filtration flows through layers of heat-mass-exchange packing devices oriented to absorption processes in selective purification of gas emissions and evaporation cooling of industrial recirculated water. Allowing to evaluate efficiency of contact devices for a specific spectrum of mass exchange processes and devices, well as performing current recognition and control of optimal hydrodynamic modes for processes of selective purification of gas emissions in industrial absorbers and evaporative cooling of recirculated water in particular. Turbulization development intensity coefficient characterizes behaviour of heat-mass exchange contact devices in a certain narrow operating mode (filtration mode) range and is a reflection of actual hydromechanical mode of phase interaction and pulse transfer mechanism in filtration flow.

K e y w o r d s: packed contact layers (devices), absorption, evaporative cooling, selective gas purification, heat exchange, mass exchange, filtration curve, filtration flows, hydraulic resistance, filtration rate, turbulization index.

For citation:

Merentsov N. A., Golovanchikov A. B., Balashov V. A., Lebedev V. N., Persidskiy A. V. [Assessment of the development of turbulization in heat and mass transfer packing contact devices for the selective purification of gas emissions and evaporative cooling of industrial circulating water]. *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], 2020, iss. 2, pp. 245—254.

About authors:

Nikolai A. Merentsov — Candidate of Engineering Sciences, Docent of Processes and Instruments of Chemical Productions Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, steeple@mail.ru, pahp@vstu.ru

Aleksandr B. Golovanchikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Processes and Instruments of Chemical Productions Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation, pahp@vstu.ru

Vyacheslav A. Balashov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Docent of Processes and Instruments of Chemical Productions Department, Volgograd State Technical University (VSTU); 28, Lenin Ave, Volgograd, 400005, Russian Federation, pahp@vstu.ru

Vitalii N. Lebedev — Engineer, branch of "LUKOIL-Engineering VolgogradNIPImorneft"; 96, Lenina Ave., Volgograd, Russian Federation, oilproject@lukoilvmn.ru

Aleksandr V. Persidskiy — Design engineer, Titan-Barrikady; Volgograd, 400071, Russian Federation, a-persidsky@yandex.ru

УДК 725.83

Л. П. Шевченко, О. И. Мельникова

Южный федеральный университет

УЧЕТ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ КОНГРЕССНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены вопросы организации сети конгрессно-образовательных объектов на Азово-Черноморском побережье. Проанализированы региональные факторы, оказывающие значительное влияние на создание сети конгрессно-образовательных объектов на территории Азово-Черноморского побережья: рекреационные особенности, социально-экономические условия, существующая инфраструктура. Даны рекомендации по организации сети конгрессно-образовательных объектов, состоящей из 3 типов, которые зависят от местоположения, набора функций и функционального зонирования, а также сезонности эксплуатации.

Ключевые слова: архитектура, конгрессно-образовательные объекты, региональные ресурсы, Азово-Черноморское побережье.

В настоящее время в эпоху бурного развития экономики необходимы постоянное повышение квалификации сотрудников, обмен информацией, новые хозяйственные связи, реклама продукции и поиск рынков сбыта. Организационными формами проведения данного рода мероприятий являются: семинары, конгрессы, симпозиумы, конференции, мастер-классы, курсы повышения квалификации, презентации, выставки и т. д. При этом опыт показал, что помимо проведения данных мероприятий на производстве весьма эффективной является их организация в рекреационных объектах. В этом случае происходит сочетание конгрессно-образовательной и выставочной функций с отдыхом и лечебно-профилактическими занятиями. Кроме того, появилась потребность в новой образовательной услуге — летних семинарах и языковых школах, совмещающих образование, отдых и общение[1].

Юг России обладает значительным научно-техническим потенциалом, который представлен крупными вузами, промышленными и научными центрами, расположенными преимущественно в крупных городах и агломерациях (Ростов-на-Дону, Краснодар, Ставрополь, Майкоп и др.). Сотрудники и студенты данных учреждений являются потенциальными потребителями конгрессно-образовательных услуг.

Однако в настоящее время сеть конгрессно-образовательных объектов с рекреационной функцией в России только начинает формироваться.

На юге страны одним из наиболее значимых в рекреационном отношении регионов является Азово-Черноморское побережье. Поэтому изучение

[1] Образовательный центр Матрица. Курсы языков в Москве, Жулебино. Обучение за рубежом: URL: http://www.kursi-yazikov.ru.

Полный список образовательных программ // Языковые курсы за рубежом для взрослых от 25 лет. URL: http://www.ef-russia.ru/lsp/courses/

Для специалистов и деловых людей // Знание центр. URL: http://www.znaniye.ru/language/english/country-uk/language-special/

возможности создания здесь сети конгрессно-образовательных объектов является весьма актуальным.

К основным факторам, влияющим на возможность и целесообразность создания конгрессно-образовательных объектов на Азово-Черноморском побережье, относятся: региональные рекреационные ресурсы, социально-экономические особенности, существующая инфраструктура (транспорт, обслуживающий персонал и т. д.).

К наиболее значимым региональным рекреационным ресурсам относятся:

- климатические;
- природные (природно-экскурсионные объекты, лечебные факторы);
- историко-культурный потенциал.

Климатические характеристики территории

Рассмотрение климатических характеристик можно встретить в работах А. Маларева [1] и В. М. Ивонина [2].

Климат на Азовском побережье России умеренно-континентальный. Курортный сезон продолжается с мая по октябрь.

На Черноморском побережье климат более влажный: от Анапы до Новороссийска — влажный; от Новороссийска до Туапсе — умеренно-влажный средиземноморского типа; от Туапсе до Адлера — субтропический. Курортный сезон длится с мая по октябрь.

Климатическая особенность побережья — резко выраженная сезонность в северных районах и умеренная — в южных районах [3].

По классификации СНиП[2] территория Азово-Черноморского побережья России относится к трем климатическим подрайонам: III В (северная часть побережья Азовского моря), III Б (восточная часть побережья Азовского моря) и IV Б (побережье Черного моря). Среднемесячные температуры воздуха в январе: в подрайоне III В — от –5 до –14 °С, в подрайоне III Б — от –5 до +2 °С, в подрайоне IV Б — от +2 до +6 °С. Среднемесячные температуры воздуха в июле: в подрайоне III В и III Б — от +21 до +25 °С, в подрайоне IV Б — от +21 до +28 °С.

Природные ресурсы

Фундаментальные исследования характера береговой полосы Азовского моря представлены в работе В. А. Мамыкиной [4] и Г. Г. Матишова [5], оценкой рекреационных ресурсов Азово-Черноморского побережья занимались В. М. Ивонин [2] и В. С. Преображенский [6].

Вплотную к берегу Азовского моря подступают степи. Берега с прекрасными песчано-ракушечными пляжами и большим количеством песчаных кос, далеко вдающихся в море. Особенность Азовского побережья — большое количество лиманов с первозданной природы и прекрасными условиями для рыбалки и охоты. Азовское море является вторым по значению внутренним водоемом в системе рыбного хозяйства России [7, 8].

Длина береговой линии Черноморского побережья России 500 км — от Керченского пролива на северо-западе до границы с Абхазией на юго-востоке (р. Псоу).

[2] СНиП 23-01—99. Строительная климатология // Госстрой СССР. М. : Стройиздат, 2004.

Вдоль Таманского полуострова до Анапы тянется полоса песчаных пляжей. От Анапы до Адлера продолжается полоса галечных пляжей.

Азово-Черноморское побережье включает в себя уникальные природные территории — заказники, заповедные зоны, природные парки (рис. 1). К наиболее важным объектам относятся: Кавказский государственный природный биосферный заповедник, Сочинский государственный природный национальный парк, природный парк «Донской» в дельте р. Дон, Приазовский федеральный заказник, Тамано-Запорожский федеральный заказник, Утришский заказник [7, 9].

Рис. 1. Схема расположения природно-рекреационных ресурсов

К уникальным природным объектам более локального характера можно отнести редкие деревья, парки и рощи (см. рис. 1).

Азовское побережье известно долинами лотосов в Ахтанизовском лимане Таманского полуострова, в районе г. Приморско-Ахтарск.

На Черноморском побережье находятся ареалы исчезающих видов деревьев — можжевельника, пицундской сосны, самшита, болотного кипариса. Некоторые из них являются весьма популярными экскурсионными объектами — ливанский кедр в поселке Джанхот, тюльпановое дерево в поселке Головинка, тис-великан в Тисо-самшитовой роще в Хосте.

К природно-экскурсионным объектам также относятся каньоны рек, ущелья, скалы, пещеры и водопады, находящиеся в горной части Черноморского побережья (см. рис. 1).

География распространения водопадов обширна — от предгорной области до высокогорья Черноморского побережья. К наиболее посещаемым водопадам можно отнести такие водопады, как Жемчужный в поселке Большой Утриш, Плеседские и Пшадские водопады, водопад Чудо-красотка в поселке Лазаревское, 33 водопада в поселке Головинка, Дагомысские корыта, Ореховский водопад в районе г. Сочи, Агурские водопады в Хостинском районе, водопад Девичьи слезы в Адлерском районе [10].

Лечебные факторы и ресурсы Азово-Черноморского побережья были рассмотрены в монографиях под редакцией Ю. А. Жданова [11], И. Н. Сафронова [12], а также в работе А. М. Ветитнева [13].

Вся полоса Азово-Черноморского побережья богата лечебными ресурсами, такими как лечебные грязи и минеральные воды. Здесь расположены более 100 месторождений природных минеральных вод и более 10 месторождений лечебных грязей. Кроме того, более 150 участков являются перспективными для дальнейшей разработки (рис. 1).

Грязевые вулканы, озера и лиманы являются уникальными объектами природы Азовского побережья. Количество грязевых вулканов Таманского полуострова колеблется от 27 до 32 (Карабетова гора, Гнилая гора, вулкан Шуго, гора Миска, вулкан Тиздар в ст. Голубицкая, Ахтанизовский грязевой вулкан, Гладковские сопки, Азовское Пекло) [10].

Береговая зона Азовского моря богата месторождениями лечебных грязей. Преимущественно такие лиманы и озера можно встретить на Таманском полуострове, а также в Приморско-Ахтарском районе Азовского побережья [10].

На Черноморском побережье известна своими уникальными свойствами лечебная грязь Имеретинского месторождения (Адлерский район).

Основными районами, в которых открыты месторождения минеральных вод, являются Анапский, Геленджикский, Лазаревский, Туапсинский и Сочинский районы [10].

Азово-Черноморское побережье обладает ценным историко-культурным потенциалом. На схеме расположения объектов историко-культурного потенциала обозначены некоторые из основных и наиболее значимых объектов Азово-Черноморского побережья (рис. 2).

Можно выделить следующие объекты историко-культурного потенциала:

1. Музеи и музейные комплексы — исторические, этнографические, краеведческие, археологические, художественные (г. Таганрог, п. Танаис, г. Азов, г. Ейск, г. Приморско-Ахтарск, ст. Тамань, г. Анапа, г. Геленджик, г. Новорос-

сийск, г. Туапсе, п. Лазаревское, г. Сочи). Музей в станице Тамань — самый известный на Юге России музей археологии [10].

2. Музеи чая и чайные дома, музеи виноделия и винодельческие хозяйства на территории Таманского полуострова, в районе гг. Анапы, Новороссийска и Геленджика популярны у рекреантов [10, 12].

3. Мемориальные дома-музеи выдающихся людей (дом-музей А. П. Чехова в г. Таганрог, дом-музей М. Ю. Лермонтова в ст. Тамань, дом-музей писателя В. Г. Короленко в п. Джанхот и др.).

4. Города-герои и города воинской славы, памятные места Великой Отечественной войны (гг. Новороссийск, Таганрог, Анапа, Туапсе, Ейск, Сочи и др.).

5. Дольмены и дольменные комплексы. К настоящему времени сохранилось около 3000 дольменов [1, 10].

Рис. 2. Схема расположения объектов культурно-исторического потенциала

Социально-экономические особенности и сложившаяся инфраструктура

Ростовская область и Краснодарский край являются одними из наиболее экономически развитых субъектов РФ не только на юге страны, но и в целом России. При этом аграрный сектор экономики дает более 50 % продукции. Это дает возможность снабжать местными продовольственными продуктами не только местное население, но и рекреантов [12].

В регионе широко развита транспортная инфраструктура — сеть автодорог, железнодорожный транспорт, авиасообщение. Аэропорты таких городов, как Ростов-на-Дону, Краснодар, Анапа, Геленджик и Адлер, расположены в непосредственной близости от побережья или в радиусе 2-часовой транспортной доступности от него.

Морские вокзалы и пристани функционируют в большинстве наиболее рекреационно развитых городов побережья, что говорит о высоком уровне развития морского транспорта.

Гостиничный фонд Азово-Черноморского побережья предлагает широкий выбор мест проживания. В последние годы построен ряд гостиниц, которые полностью соответствуют европейским стандартам.

Вузы Ростовской области и Краснодарского края готовят квалифицированные кадры для курортной отрасли по регионоведению, сфере обслуживания, социально-культурному сервису и туризму, управлению персоналом, гостиничному делу, организации обслуживания в сфере сервиса (ЮФУ, КБУ, СГУ, КГУФКСТ, ШТИБО, РГЭУ (РИНХ) и др.).

Развитию конгрессно-образовательной функции на Азово-Черноморском побережье способствует наличие развитой инфраструктуры, транспорта, обслуживающего персонала, транспортная доступность крупных промышленных центров и агломераций: Ростова-на-Дону, Краснодара, Ставрополя, Майкопа, Таганрога и др.

Сложившиеся природные и климатические условия, значительное число природно-экскурсионных объектов, большой историко-культурный потенциал, минеральные воды и лечебные грязи, существующая инфраструктура обуславливают перспективность развития Азово-Черноморского побережья как одного из самых популярных курортно-туристических регионов России.

Поэтому с точки зрения целесообразности совмещения функций конгрессно-образовательной и рекреационно-лечебной создание здесь сети конгрессно-образовательных объектов весьма перспективно. Вместе с тем климатические условия холодного периода года в рассматриваемом регионе неблагоприятны для занятий зимними видами спорта [14]. Поэтому в зимнее время будут востребованы преимущественно конгрессно-образовательные объекты круглогодичного функционирования, ориентированные на культурно-исторический потенциал, которыми обладают преимущественно крупные города; объекты, расположенные в населенных пунктах, расположенных в 2—3-часовой транспортной доступности от крупнейших городов и агломераций, что позволит в зимнее время проводить в них кратковременные мероприятия.

При этом, учитывая наличие такого важного рекреационного фактора, каким является теплое море, целесообразно предусматривать сезонное расширение для приморских объектов. Исходя из этого, для Азово-

Черноморского побережья предлагается следующая классификация конгрессно-образовательных объектов (рис. 3):

• тип I — круглогодичные с летним расширением, расположенные в крупном населенном пункте:

• тип II — сезонные (летние) с круглогодичным ядром в радиусе до 2—3-часовой транспортной доступности от крупных городов и агломераций;

• тип III — сезонные (летние) с круглогодичным ядром, расположенные в малых населенных пунктах и в радиусе более 2,5 часов транспортной доступности от крупных городов и агломераций.

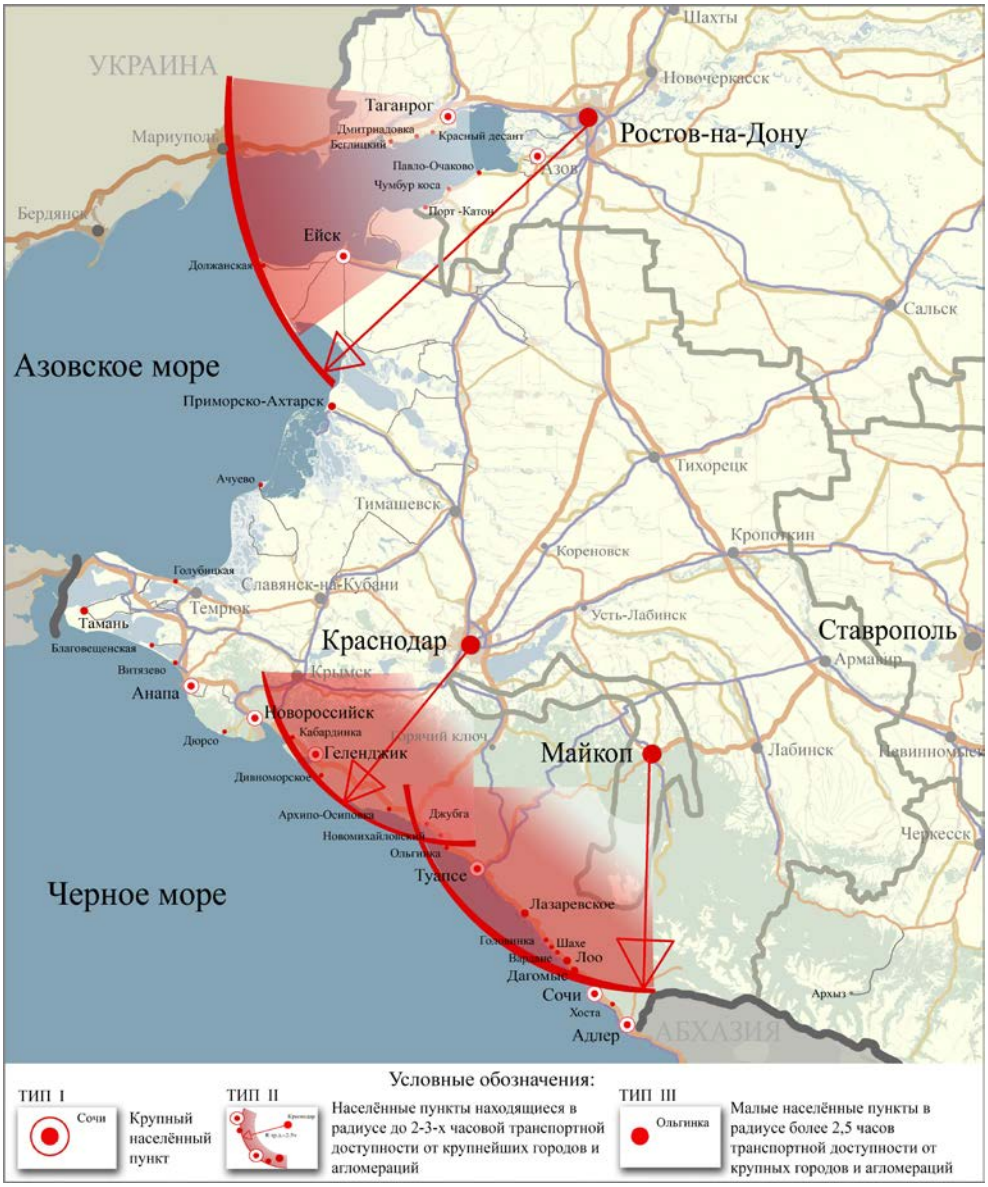


Рис. 3. Предложение по зонированию побережья для расположения различных типов конгрессно-образовательных объектов

Выводы:

1. Анализ рекреационного потенциала, социально-экономических особенностей, сложившейся инфраструктуры показывает привлекательность Азово-Черноморского побережья для организации конгрессно-образовательных мероприятий.

2. Предлагается создание сети конгрессно-образовательных объектов, состоящей из трех типов учреждений, различных по месторасположению, набору функций и величине.

3. Организация сети рассматриваемых объектов будет способствовать созданию комфортных условий для проведения конгрессно-образовательных мероприятий и экономическому развитию региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маларев А., Маларева О.* Иллюстрированный Черноморский путеводитель // Серия «Ваш туристический гид». Краснодар : Триумф, 2004. 320 с.

2. *Ивонин В. М., Авдонин В. Е., Пеньковский Н. Д.* Рекреационная экология гордых лесов российского Причерноморья. Ростов-на-Дону : СКНЦ ВШ, 2000. 271 с.

3. *Климанова О. А., Тельнова Н. О.* Природный и историко-культурный потенциал региона, как основа формирования туристского образа территории // Современные проблемы сервиса и туризма. 2008. № 4. С. 49—55.

4. *Мамыкина В. А., Хрусталев Ю. П.* Береговая зона Азовского моря. Ростов-на-Дону: Ростовский университет, 1980. 176 с.

5. *Матишов Г. Г.* Экологический атлас Азовского моря. Ростов-на-Дону : ЮНЦ РАН, 2011. 328 с.

6. География рекреационных систем СССР / В. С. Преображенский и др. М. : Наука, 1980. 228 с.

7. *Котляров Е. А.* География отдыха и туризма. Формирование и развитие территориальных рекреационных комплексов. М. : Мысль, 1978. 238 с.

8. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море / Г. Г. Матишов, Ю. М. Гаргопа, С. В. Бердников, С. Л. Дженюк // Южный науч. центр РАН. М. : Наука, 2006. 304 с.

9. *Кусый И. А., Мавлюдов Б. Р.* Черноморское побережье Кавказа от Туапсе до Адлера // Путеводитель. М. : Симон-Пресс, 2000. 248 с.

10. *Шевелева И. М., Маньшина Н. В.* Краснодарский край. Путешествие за здоровьем // Исторический путеводитель. М. : Вече, 2011. 288 с.

11. Рекреационные ресурсы. Часть 1. Курортные лечебные факторы и ресурсы / Ю. А. Жданов, Н. Г. Родзянко, И. Т. Серебрякова и др. // Природные ресурсы и производственные силы Северного Кавказа. Ростов-на-Дону : Ростовский университет, 1980. 312 с.

12. Природные условия и естественные ресурсы / И. Н. Сафронов, Ф. Я. Гаврилюк, Б. М. Бероев и др. // Природные ресурсы и производственные силы Северного Кавказа. Ростов-на-Дону : Ростовский университет, 1986. 368 с.

13. *Ветитнев А. М.* К вопросу о лечебном туризме // Вестник национальной академии туризма. 2007. № 3. С. 33—35.

14. Методические указания по характеристике природных условий рекреационного района / В. С. Преображенский, Л. И. Мухина, Н. С. Казанская и др. // Географические проблемы организации туризма и отдыха. М., 1975. Вып. 1. С. 50—112.

© Шевченко Л. П., Мельникова О. И., 2020

Поступила в редакцию
в марте 2020 г.

Ссылка для цитирования:

Шевченко Л. П., Мельникова О. И. Учет региональных особенностей Азово-Черноморского побережья при организации сети конгрессно-образовательных объектов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 255—263.

Об авторах:

Шевченко Леонид Петрович — канд. архит., профессор, профессор академии архитектуры и искусств, Южный федеральный университет; Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, 344082, пр-т Буденновский, 39, lpshevchenko@sfedu.ru

Мельникова Олеся Игоревна — ассистент академии архитектуры и искусств, Южный федеральный университет; Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, 344082, пр-т Буденновский, 39, oimelnikova@sfedu.ru

Leonid P. Shevchenko, Olesia I. Melnikova

Southern Federal University

REGIONAL FEATURES CONSIDERATION OF THE AZOV-BLACK SEASIDE TO CREATE THE CHAIN OF CONGRESS AND EDUCATIONAL OBJECTS

We considered the issues of organizing the chain of congress and educational objects, which will be located on the Azov-Black seaside. We analyzed the regional factors that have a significant impact on the creation of a network of congress and educational facilities on the territory of the Azov-Black seaside: recreational features, social and economic conditions, and existing infrastructure. We gave recommendations how to organize a network of congress and educational objects which consisting of three types. These types depend on the location, set of functions and functional division, as well as the seasonality of operation.

K e y w o r d s: architecture, congress and education objects, regional resources, The Azov-Black seaside of Russia.

For citation:

Shevchenko L. P., Melnikova O. I. [Regional features consideration of the Azov-Black seaside to create the chain of congress and educational objects]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroiteľnogo universiteta. Seriya: Stroiteľstvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2020, iss. 2, pp. 255—263.

About authors:

Leonid P. Shevchenko — Candidate of Architecture, Professor, Professor of Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University; 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russian Federation, lpshevchenko@sfedu.ru

Olesia I. Melnikova — Assistant of Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University; 39, Budennovskii Ave., 344082, Rostov-on-Don, Russian Federation, oimelnikova@sfedu.ru

ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

«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.

«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.

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, а рецензия, кроме того, в отсканированном виде.

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: ORCID, ScopusID (при наличии); *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 — 8—12 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 (Cyr) № 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 А4 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 (Cyr) № 10 (10 пунктов).

Пристатейные *баблиографические списки* размещаются после основного текста статьи.

В библиографическом списке приводится *только* цитируемая в статье литература. Редколлегией приветствуется цитирование журнала. 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 (Cyr) № 9 (9 пунктов). Язык библиографических записей соответствует языку описываемых источников. Анонимные источники (законы, СНиПы, ГОСТы, интернет-сайты и т.п.) приводятся в подстрочной ссылке. Нумерация подстрочных ссылок статьи — сквозная.

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. Корректура 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-градостроительной 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 ВолгГТУ **http://vgasu.ru/science/journals/herald-volggasu/sia** (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, 715а** (ответственный секретарь журнала Растяпина Оксана Анатольевна). vestnik_volgasy@mail.ru

Уточнить ***условия публикации статей и приобретения*** очередного номера журнала можно у нее же.

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.

Вниманию читателей и авторов!
«Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета»
Подписной индекс по каталогу «Пресса России» 85343,

Уважаемые читатели и авторы!
С марта 2019 г. нумерация выпусков журнала изменена.

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 **Е 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.*
Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-71951 от 13 декабря 2017 г. выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **ISSN 1994-0351**, включен в базу РИНЦ (www.elibrary.ru).
Подробная информация о журнале на сайте ИАиС ВолгГТУ по адресу: **http://vgasu.ru/publishing/journals/**

Научное издание

ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Серия: Строительство и архитектура
2020. Выпуск 2(79)

Корректор *Н. В. Юдина*
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*
Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*
Информационно-библиографическое обслуживание *Е. В. Подшивалина*

Дата выхода в свет 20.07.2020. Формат 70 × 108/16. Бумага офсетная
Гарнитура Times New Roman. Цена свободная
Уч.-изд. л. 10,4. Усл. печ. л. 23,2. Тираж 500 экз. Заказ № 66

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
Типография ИАиС
Адрес издателя: 400005, г. Волгоград, пр-т им. В. И. Ленина, 28
Адрес типографии: 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1