Министерство образования и науки Российской Федерации

ВЕСТНИК ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Строительство и архитектура

Вып. 3(88) Научно-теоретический и производственно-практический журнал **2022**

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

Содержание

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

Бабалич В. С., Сухин К. А., Вильгельм Ю. С., Власов В. Н., Сухина К. Н. Восстановление ресурса строительных конструкций цехов металлургических предприятий 7

Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г., Черкесов В. Д. Практический способ расчета эффективности чистки теплообменников 17

Пшеничкина В. А., Марценюк О. В., Марценюк А. В., Короленя М. В. Обеспечение эксплуатационной надежности и долговременной безопасности скульптуры «Родина-мать зовет!» 27

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

Девятов М. М., Вилкова И. М., Сапожкова Н. В., Тисленко А. А. Концептуальные подходы к формированию дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной территории Волгограда (Волгоградской агломерации) как природно-технической системы 39

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Ахмедова Г. М., Ахмедов А. М., Ахмедов А. М., Бажанова М. Е., Зоткина М. М., Захарова Е. А. Стойкость и защита металлических трубопроводных материалов в условиях эксплуатационных сред 52

Гончарова М. А., Акчурин Т. К., Дергунова Е. С. Особенности использования уреазных биодобавок в цементных системах 64

Гончарова М. А., Мраев А. В., Пачин А. Р., Акчурин Т. К. Прогнозирование долговечности шлакобетонов в условиях агрессивной сульфатной среды 70

Ельчищева Т. Ф., Ерофеева И. В., Санягина Я. А., Ушкина В. В., Казначеев С. В., Акчурин Т. К. Биологическая стойкость окрашенных в черный цвет цементных композитов 76
Жук П. М., Коршаков Ф. Н. Интеллектуальные строительные материалы в комплексном благоустройстве территорий 87
Тараканов О. В., Акчурин Т. К., Белякова Е. А., Москвин Р. Н. Расширение базы комплексных органоминеральных добавок в технологии бетона 97

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

Бобоев С. М., Олимова Н. Г. Исследование вентиляционной сети и пути повышение эффективности пылеулавливающего оборудования на хлопкоперерабатывающих предприятиях 108
Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И. Использование холода грунта для охлаждения приточного воздуха 113
Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И. Аккумуляторы теплоты фазового перехода в системах вентиляции и кондиционирования воздуха 121
Бобоев С. М., Эшматов М. М., Айтмуратов Б. Расчетно-экспериментальное исследование водораспределителя стратификационного теплового аккумулятора системы солнечного отопления 129
Корниенко С. В. Новый взгляд на энергосбережение в производственных зданиях 138
Махмудов Р. М., Холмуродова З. И., Алмамедова А. Т., Бабаназаров С. Ш. Солнцезащитные устройства, применяемые в условиях Средней Азии 148
Перехоженцев А. Г., Чеснокова О. Г., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д. Воплощение концепции ветроэнергетической станции в архитектуре высотного здания 156
Сергина Н. М., Курасов А. В., Зотов В. М., Соломахин М. С. К вопросу о снижении энергозатрат в системах обеспыливания выбросов в атмосферный воздух 165
Ташматов Н. У., Мансурова Ш. П., Сайдуллаев С. Р. Вопросы энергосбережения и использование солнечной энергии в качестве источника тепла 172

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Медведева В. В. Оптимизация компоновочных параметров несущей системы корчевателя 176
Чебанова С. А., Растяпина О. А., Гончар Т. С., Карпов А. А. Повышение эффективности строительных работ в стесненных городских условиях 186

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сидельникова О. П. Анализ производственного травматизма 192
Сидельникова О. П. Радиационно-экологическая безопасность в строительстве 201
Стреляева А. Б., Калюжина Е. А., Лясин Р. А., Багров В. А. Исследование дисперсного состава пыли при работе зерноуборочного комбайна 209
Старцева Ю. В., Чернущенко А. А., Евтушенко А. И., Бурлаченко А. О. Исследование движения потоков приточного воздуха в производственных помещениях заводов железобетонных изделий 217

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Антонова Н. Н., Татаринцева А. С., Воронцова Ю. В. Вопрос реновации озелененных территорий общего пользования в современной системе озеленения города 224
Глинянова И. Ю. Экспресс-оценка экологического состояния жилых зон населенных пунктов с использованием комплекса аэрозольных показателей 234
Донченко В. В., Чижова В. С., Недре А. Ю., Азаров В. Н. Организация экологического контроля на автомобильном транспорте на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов 241
Кошкарев С. А., Кошкарев К. С. Повышение экологической безопасности предприятий стройиндустрии при снижении выбросов пыли и отходов от систем обеспыливания с пылеуловителями фильтрующе-псевдоожиженного слоя дисперсного материала 255
Сергина Н. М., Соломахин М. С., Зотов В. М., Сущенко Р. В. Проблемы защиты городской воздушной среды от загрязнения промышленными пылевыми выбросами 268
Унагаева Н. А. Сибирский город и река: особенности рекреационного водопользования в Красноярске 276
Чеснокова О. Г., Антонова Н. Н., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д. Архитектурные предложения по благоустройству городских площадок для утилизации бытовых отходов населения 291

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА

Етеревская И. Н., Стеценко С. Е., Ястребова Н. А. Основные проблемы и пути реновации прибрежных территорий современного города 300
Гагулина О. В., Алиева Д. М. Благоустройство набережных как фактор развития городской среды и социальных преобразований 314

Матовников С. А. Комплексное благоустройство прибрежных территорий: тенденции и проблемы 325
Прокопенко В. В., Тисленко А. А. Комплексная функционально-пространственная оценка развития промышленно-селитебной территории в границах прибрежной зоны Волгограда 335
Птичникова Г. А., Антюфеев А. В. Город, река и архитектура 350
Субботин О. С. Комфортная среда жизнедеятельности на прибрежных территориях 363
То Нгок Май Нга. Проблемы развития территорий городского сельского хозяйства в Хошимине как архитектурных ландшафтов (на примере района Кучи) 371
Федченко И. Г. Градостроительные риски развития массового жилищного строительства на прибрежных территориях городов 385
Чуйков А. В., Вакулина И. Н. Проблемы освоения и пути развития прибрежных территорий в линейных структурах городов на примере Волгограда 397
Янковская Ю. С. Город и река: проблемы, перспективы и концепции развития 405

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Дунин В. Е. Роль городской скульптуры в формировании художественного образа набережной 418
Иванова Н. В., Ганжа О. А. Классификация высотных зданий по фактору вертикального озеленения 427
Иванова Н. В., Чеснокова О. Г. Архитектурно-экологическая актуализация прибрежных городских ландшафтов на примере восстановления территории бывшего грузового порта 435
Карпенко А. Г. Художественный образ Центральной набережной Волгограда: речной фасад города 443
Колышев Ю. Б. Потенциал ландшафтного дизайна природной зоны Волгограда 452
Кукина И. В. Архитектура водного фронта как интеграция стихий (сред) города 459
Матовникова Н. Г. Набережная XXI века. Развитие концептуальных подходов к формированию архитектурного образа набережной 469
Мельникова О. Г., Олейников П. П. Особенности благоустройства прибрежной территории парковой зоны Пятиморска 481
Самойленко П. В., Антипова И. А. Благоустройство парка в поселке Нижний Тракторный в Тракторозаводском районе Волгограда: из прошлого в будущее 488
Якимив П. В., Голиков А. В. Принципы формообразования трибун футбольных стадионов 499

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

Олейников П. П., Мельникова О. Г. Исторические аспекты трансформации прибрежных территорий в Царицыне — Сталинграде 514
Уралов А. Графическая реконструкция здания конца XVII века — медресе Дор уш-Шифо в Бухаре 530

От редколлегии 537

Content

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

Babalich V. S., Sukhin K. A., Vil'gel'm Yu. S., Vlasov V. N., Sukhina K. N. Restoration of the resource of building structures shops of metallurgical enterprises 7
Zharkov A. F., Chesnokova O. G., Cherkesov V. D. A practical way to calculate the efficiency of cleaning heat exchangers 17
Pshenichkina V. A., Martsenyuk O. V., Martsenyuk A. V., Korolenya M. V. Ensuring operational reliability and long-term safety of the sculpture “Motherland calls!” 27

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

Devyatov M. M., Vilkova I. M., Sapozhkova N. V., Tislenko A. A. Conceptual approaches to the formation of the road transport infrastructure of the coastal territory of Volgograd (Volgograd agglomeration) as a natural and technical system 39

BUILDING MATERIALS AND ARTICLES

Akhmedova G. M., Akhmedov A. M., Akhmedov A. M., Bazhanova M. E., Zotkina M. M., Zakharova E. A. Durability and protection of metal piping materials in operating environments 52
Goncharova M. A., Akchurin T. K., Dergunova E. S. Development and application of biosubstances based on urease-bacteria in cement systems 64
Goncharova M. A., Mraev A. V., Pachin A. R., Akchurin T. K. Forecasting the durability of cinder blocks in an aggressive sulfate environment 70
Yelchishcheva T. F., Erofeeva I. V., Sanyagina Ya. A., Ushkina V. V., Kaznacheev S. V., Akchurin T. K. Biological resistance of black stained cement composites 76
Zhuk P. M., Korshakov F. N. Intelligent building materials in the complex improvement of territories 87
Tarakanov O. V., Akchurin T. K., Belyakova E. A., Moskvin R. N. Expanding the base of complex organomineral additives in concrete technology 97

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

Boboev S. M., Olimova N. G. Investigation of the ventilation network and ways to increase the efficiency of dust-collecting equipment at cotton processing enterprises 108
Boboev S. M., Toshtemirov M. E., Ismoilov A. I. Using ground cold to cool the supply air 113
Boboev S. M., Toshtemirov M. E., Ismoilov A. I. Phase transition heat accumulators in ventilation and air conditioning systems 121
Boboev S. M., Eshmatov M. M., Aitmuratov B. Calculation and experimental study of water distributor of stratification heat accumulator of solar heating system 129
Kornienko S. V. A new perspective on energy saving in industrial buildings 138
Makhmudov R. M., Kholmurodova Z. I., Almamedova A. T., Babanazarov S. Sh. Sun protection devices, used in the conditions of Central Asia 148
Perehozhencev A. G., Chesnokova O. G., Chesnokova V. D., Zhurbenko M. D. The embodiment of the concept of a wind farm in the architecture of a high-rise building 156
Sergina N. M., Kurasov A. V., Zotov V. M., Solomachin M. S. To the issue of energy cost reduction in emission de-dusting systems to atmospheric air 165
Tashmatov N. U., Mansurova Sh. P., Saidullaev S. R. Issues of energy saving and the use of solar energy as a heat source 172

TECHNOLOGY AND CONTROL IN CONSTRUCTION

Fomenko N. A., Burlachenko O. V., Chebanova S. A., Medvedeva V. V. Optimization of layout parameters the carrier system of the grubber 176
Chebanova S. A., Rastyapina O. A., Gonchar T. S., Karpov A. A. Improving the efficiency of construction work in cramped urban conditions 186

LIFE SAFETY AND LABOR SAFETY IN CONSTRUCTION

Sidelnikova O. P. Analysis of work-related injuries 192
Sidelnikova O. P. Radiation and environmental safety in construction 201
Strelyaeva A. B., Kalyuzhina E. A., Lyasin R. A., Bagrov V. A. Investigation of the dispersed composition of dust during the operation of the combine harvester 209
Startseva Yu. V., Chernushchenko A. A., Evtushenko A. I., Burlachenko A. O. Investigation of the movement of supply air flows in industrial premises factories of reinforced concrete products 217

ENVIRONMENTAL ISSUES IN URBAN PLANNING

Antonova N. N., Tatarintseva A. S., Vorontsova Yu. V. The issue of renovation of green areas of common use in the modern system of landscaping of the city 224
Glinyanova I. Yu. Express assessment of the environmental state of residential areas of settlements using a set of aerosol indicators 234
Donchenko V. V., Chizhova V. S., Nedre A. Yu., Azarov V. N. Organization of environmental control in road transport based on the use of remote sensing of emissions 241
Koshkarev S. A., Koshkarev K. S. Improving the environmental safety of construction industry enterprises while reducing dust and waste emissions from dedusting systems with dust collectors of a filter-fluidized layer of dispersed material 255
Sergina N. M., Solomachin M. S., Zotov V. M., Sushchenko R. V. Problems of protection of urban ambient air pollution from industrial dust emissions 268
Unagaeva N. A. Siberian city and river: features of recreational water use in Krasnoyarsk 276
Chesnokova O. G., Antonova N. N., Chesnokova V. D., Zhurbenko M. D. Architectural proposals for the improvement of urban sites for the disposal of household waste of the population 291

URBAN PLANNING. THEORY OF URBAN DEVELOPMENT

Eterevskaya I. N., Stetsenko S. E., Yastrebova N. A. Main problems and ways of a modern city's coastal territories renovation 300
Gagulina O. V., Alieva D. Mekhman-kyzy. Improvement of embankments as a factor of urban environment development and social transformations 314
Matovnikov S. A. Comprehensive improvement of coastal territories: trends and problems 325
Prokopenko V. V., Tislenko A. A. Comprehensive functional and spatial assessment of the development of industrial and residential territory within the boundaries of the coastal zone of Volgograd 335
Ptichnikova G. A., Antyufeev A. V. City, river and architecture 350
Subbotin O. S. Comfortable living environment in coastal areas 363
To Ngoc Mai Nga. Problems of the development of urban agricultural areas in Ho Chi Minh City, Vietnam, like the architectural landscape (for example, Cu Chi District) 371
Fedchenko I. G. Urban planning features of the development of the residential environment in the coastal territories of cities 385
Chuikov A. V., Vakulina I. N. The problems of familiarization and ways of development of coastal territories in linear structures of cities on the example of Volgograd 397
Yankovskaya Yu. S. City and river: problems, prospects and development concepts 405

GENERAL ARCHITECTURE

Dunin V. E. The role of urban sculpture in shaping the artistic image of the embankment 418
Ivanova N. V., Ganzha O. A. Classification of high-rise buildings by the factor of vertical greening 427
Ivanova N. V., Chesnokova O. G. Architectural and ecological actualization of coastal urban landscapes on the example of the restoration of the territory of the former cargo port 435
Karpenko A. G. Artistic image of the Central Embankment of Volgograd: the river facade of the city 443
Kolyshev Yu. B. The potential of landscape design of the natural zone of the city of Volgograd 452
Kukina I. V. The architecture of the water front as the integration of the elements (environments) of the city 459
Matovnikova N. G. Embankment of the XXI century. Development of conceptual approaches to the formation of the architectural image of the embankment 469
Melnikova O. G., Oleinikov P. P. Features of improvement of the coastal territory of the Pyatimorsk park zone 481
Samoylenko P. V., Antipova I. A. Landscaping of the park in the village of Nizhny Traktorny in the Traktorozavodsky district of Volgograd: from the past to the future 488
Yakimiv P. V., Golikov A. V. Principles of shaping grandstands football stadiums 499

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

Oleinikov P. P., Melnikova O. G. Historical aspects of the transformation of coastal territories in Tsaritsyn — Stalingrad 514
Uralov A. Graphic reconstruction of the building of the end of the XVII century — Dor Ush Shifo Madrasah in Bukhara 530

From Editorial Team 537

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели! Вы держите в руках не совсем обычный выпуск журнала «Вестник ВолгГАСУ», да и сам 2022 год является для нас не совсем обычным. Ведь в этом году наш Институт архитектуры и строительства, наш родной и легендарный Горхоз отмечает свой 70-летний юбилей.

За эти десятилетия сменилось множество поколений замечательных ученых и педагогов, многих уже с нами нет. Из стен института вышли десятки тысяч специалистов, подготовленных для работы в архитектурно-строительном комплексе города, региона, страны. Горхоз всегда славился высоким уровнем прикладных научных исследований, интеллектуальный потенциал его ученых все годы существования института был направлен на решение конкретных практических задач, на то, чтобы сделать нашу жизнь комфортнее и безопаснее, а наши города краше и привлекательнее.

Этот выпуск журнала включает в себя труды международной научно-практической конференции «Градостроительная конверсия и развитие прибрежных территорий городов». Конференция проводится при взаимодействии нашего вуза с Союзом архитекторов России и администрацией Волгоградской области и приурочена к двум значимым событиям этого года: 110-летнему юбилею известнейшего советского архитектора В. И. Кочедамова и 70-летнему юбилею нашего института. Уверен, что этот выпуск журнала послужит укреплению связей ученых России и зарубежья, а также станет хорошим толчком развития науки в сфере экологического строительства, градостроительства и архитектуры.

УДК 69.04

В. С. Бабалич, К. А. Сухин, Ю. С. Вильгельм, В. Н. Власов, К. Н. Сухина

Волгоградский государственный технический университет

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЦЕХОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Катастрофическое старение основных фондов промышленных предприятий, их интенсивная и несистемная эксплуатация привели к критической конструктивной деградации зданий и сооружений промышленных объектов. Поэтому восстановление и продление ресурса безопасной эксплуатации основных строительных конструкций производственных объектов является важнейшей и актуальной научно-технической задачей промышленности.

Для оптимального восстановления эксплуатационной пригодности промышленного здания была выполнена оценка напряженно-деформированного состояния наиболее поврежденных конструкций, с учетом их технического состояния и фактических прочностных характеристик. Разработана методика замены и восстановления строительных конструкций, эксплуатируемых в условиях сильной агрессивной среды, без остановки технологического процесса на объекте.

Ключевые слова: обследование, восстановление, напряженно-деформированное состояние, железобетонные конструкции, агрессивная среда, металлургия.

Анализ основных фондов (зданий и сооружений) промышленных предприятий Волгоградского региона позволил установить, что большая их часть возведена на 60—70-е гг., а некоторые объекты возведены в довоенный период и восстановлены после войны, т. е. большинство эксплуатируемых производственных зданий и сооружений значительно исчерпали свой ресурс. Значительный вклад в интенсификацию процессов конструктивной деградации производственных объектов вносили дефекты проектирования и возведения строительных конструкций (отсутствие требований к материалам и конструкциям для конкретных условий, реализуемых на объектах технологических процессов), жесткие воздействия технологии производства на строительные конструкции при резком снижении затрат на эксплуатацию зданий и сооружений и, соответственно, снижении ее качества.

Одним из основных требований, регламентированных действующим законодательством, к промышленным объектам для обеспечения их безопасной эксплуатации являются параметры их механической безопасности [1—3].

В данной работе обобщен опыт восстановления эксплуатационной пригодности здания травильного отделения металлургического предприятия, после аварийного локального обрушения крупноразмерных (12,0 × 3,0 м) железобетонных плит покрытия. Обследуемое здание однопролетное, прямоугольное в плане с размерами в осях 132,0 × 24,0 м. Конструктивно здание решено по каркасной системе с железобетонным несущим каркасом. Поперечные рамы несущего каркаса здания смонтированы с шагом 12,0 м. Все несущие конструкции сборные, выполненные по серии 1.464-1.

Строительные конструкции здания травильного отделения, ввиду специфики сложившихся технологических процессов, на разных участках испытывают в различных сочетаниях интенсивные воздействия внутренней и наружной

воздушной среды, содержащей влагу, газы, пыль; увлажнение технологическими растворами, конденсатом водяных паров, а также подвергаются локальному нагреву. По классификации объект эксплуатируется в среде средней степени агрессивности, с преобладающим коррозионным видом износа. Однако существующий уровень эксплуатации объекта, с нарушениями проектного уровня функционирования систем вентиляции позволяет правомерно классифицировать фактическую среду как сильноагрессивную.

Практикой эксплуатации зданий с сильноагрессивными средами установлено, что железобетонные плиты покрытия разрушаются в результате сульфатной коррозии, и, как правило, срок их службы не превышает 7—10 лет. У железобетонных конструкций в воздушной среде наблюдается повсеместная карбонизация поверхностных слоев бетона. Количество связанной углекислоты достигает в поверхностном слое примерно 20 %, а во внутренних слоях 10 %, содержание SO_3 составляет соответственно 5,0 и 1,3 %.

Существенное влияние на скорость нейтрализации бетона и на долговечность железобетонных конструкций оказывает плотность бетона. Недостаточное внимание к составу и плотности бетона является основной причиной коррозии бетона и арматуры и произошедшего на обследуемом объекте обрушения плит покрытия [4—9].

Практикой эксплуатации выявлена высокая интенсивность коррозионного износа стальных элементов узлов сопряжений сборных железобетонных конструкций, например скорость коррозии стальных закладных деталей плит покрытия на поверхности в контакте с бетоном составляет 0,06 мм/год. Еще более высокая скорость коррозионных повреждений стальных закладных деталей опорных узлов ферм и оголовков колонн.

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что обследуемое здание эксплуатировалось в крайне жестком технологическом режиме с большими (сверхнормативными) агрессивными воздействиями окружающей среды на строительные конструкции, которые привели к аварийному состоянию большого числа несущих, ограждающих и технологических конструкций обследуемого здания [10—15].

Большинство выявленных дефектов и повреждений несущих элементов основного каркаса (колонн и стропильных ферм) классифицируются как значительные и критические, значительно снижающие параметры механической безопасности и требуют обязательной компенсации дефицита несущей способности при проектировании капитального ремонта.

Наибольшие повреждения получили железобетонные плиты покрытия. Аварийное состояние этих элементов обусловлено их наибольшей уязвимостью от агрессивных воздействий среды и является следствием их ускоренной конструктивной деградации. Практически полная карбонизация защитного слоя бетона с частичным его разрушением привела к практически полной утрате его пассивирующих свойств по отношению к арматуре и, соответственно, резко интенсифицировала коррозионные повреждения рабочей арматуры со снижением площади ее поперечного сечения до 50 %.

Техническое состояние железобетонных плит покрытия, проблемы при компенсации дефицита несущей способности поврежденных элементов в действующем цехе и отсутствие возможности приостановки его эксплуатации исключают техническую и экономическую целесообразность усиления и

восстановления эксплуатационной пригодности плоскостных элементов покрытия (ребристых железобетонных предварительно напряженных плит), предопределили необходимость альтернативной замены покрытия цеха.

На рис. 1—3 проиллюстрированы характерные повреждения конструкций объекта.

Рис. 1. Коррозионные повреждения опорной части подкрановой ветви колонны

Рис. 2. Значительная коррозия рабочей арматуры колонны каркаса

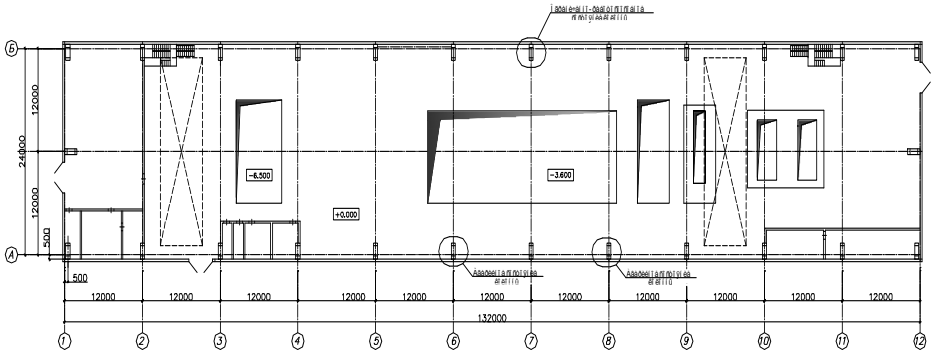


Рис. 3. Схема расположения несущих конструкций цеха

Замена покрытия предопределила необходимость расчетного обоснования порядка и последовательности демонтажа плоскостных элементов покрытия, с учетом технического и напряженно-деформированного состояний стропильных конструкций. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) стропильных конструкций, безраскосных железобетонных ферм реализовано в различных вариантах по упрощенной расчетной схеме в виде пространственной системы, состоящей из безраскосных ферм пролетом 24 м и ребристых плит покрытия длинной 12 м. На рис. 4 представлен фрагмент расчетной схемы.

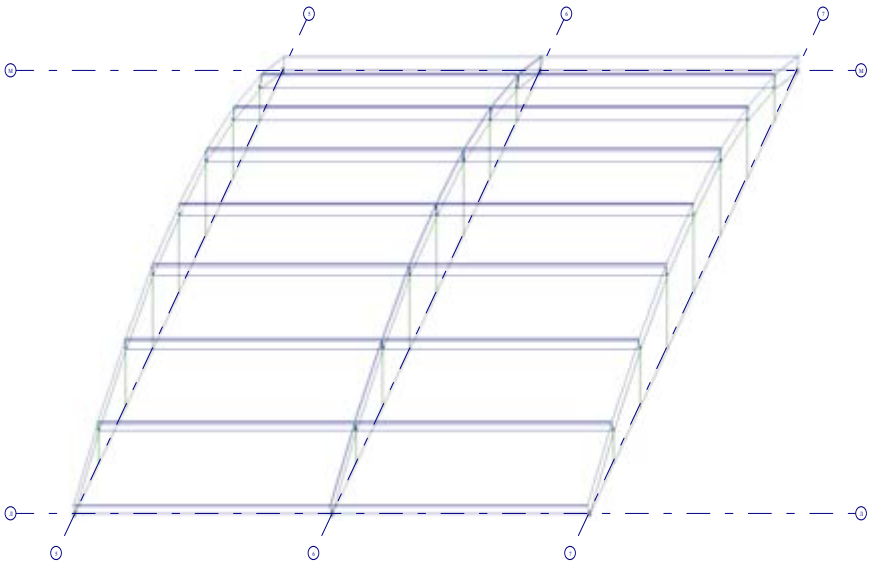


Рис. 4. Схема покрытия

Результаты статического расчета (РСН) для стержневых элементов фермы приведены для фрагмента покрытия на рис. 5 и 6.

Далее моделировался порядок несимметричной разгрузки стропильных ферм при одностороннем демонтаже плит покрытия. Такая последовательность демонтажа диктовалась отсутствием возможности установки кранов с

обеих сторон здания. На рис. 7—12 приведены результаты расчетов нескольких вариантов несимметричного загружения ферм.

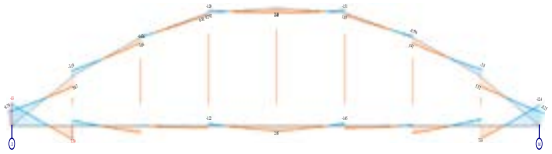


Рис. 5. Эпюра моментов в поясах

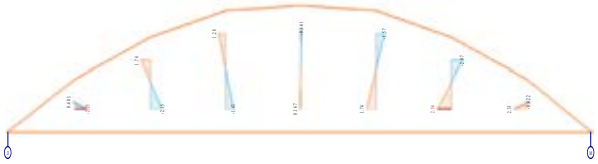


Рис. 6. Эпюра моментов в стойках

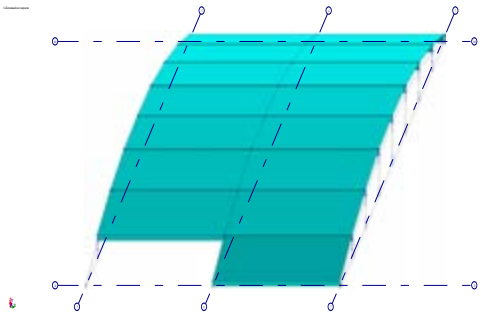


Рис. 7. Демонтаж одной панели

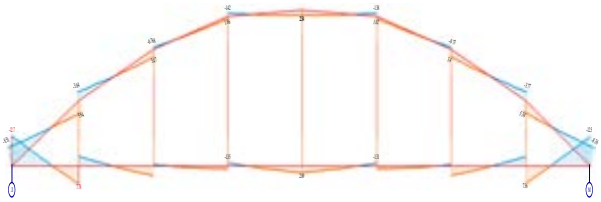


Рис. 8. Эпюра моментов в элементах поясов

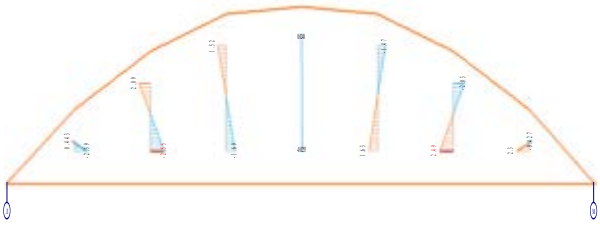


Рис. 9. Эпюра моментов в стойках

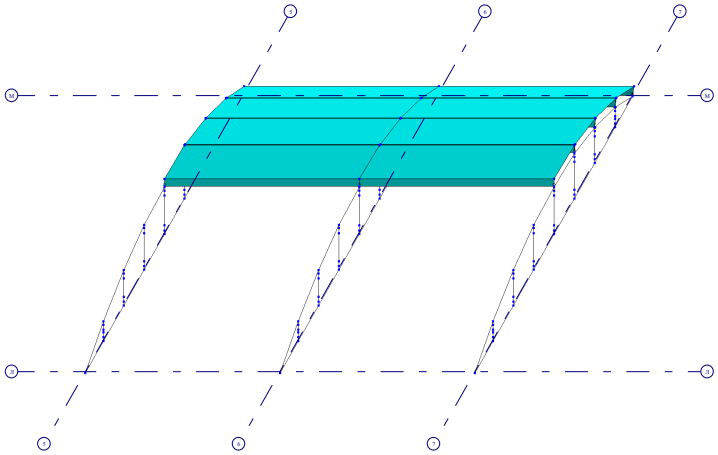


Рис. 10. Демонтаж половины пролета

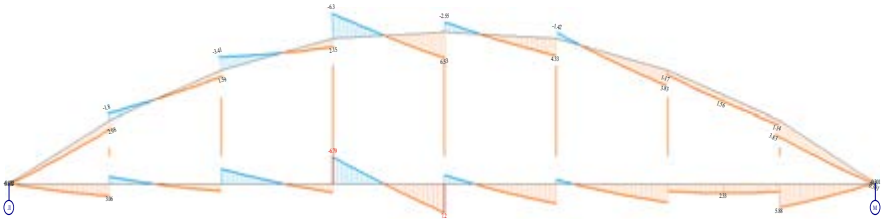


Рис. 11. Эпюра моментов в элементах поясов

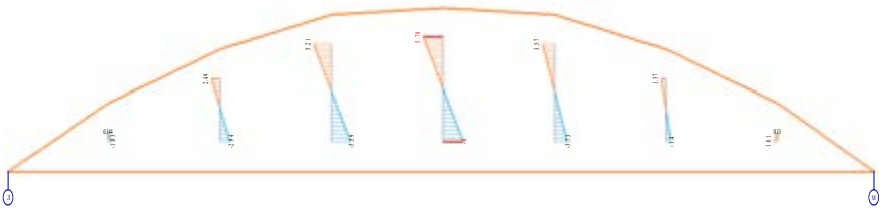


Рис. 12. Эпюра моментов в стойках

Довольно невысокий процент исчерпания несущей способности элементов стропильных конструкций при одностороннем демонтаже плит покрытия принципиально допускает возможность такого порядка демонтажа. Однако указанный порядок демонтажа, возможно, потребует существенных затрат на обеспечение пространственной жесткости сохраняемых конструкций покрытия.

Альтернативная замена железобетонных ребристых плит покрытия на облегченные конструкции дополнительно диктуется значительными повреждениями стропильных конструкций, создающими определенный дефицит их несущей способности. Однако применение альтернативного варианта покрытия по стальным решетчатым прогонам с кровельным настилом из стального профилированного листа продиктовало необходимость расчетных оценок обеспечения проектного положения стропильных ферм и общей проектной

пространственной жесткости и устойчивости здания, с учетом некоторой жесткости диска альтернативного покрытия в своей плоскости [16—19].

Для такой оценки проанализированы два варианта пространственной расчетной схемы здания:

- вариант 1 — исходная схема, моделирующая проектное решение цеха;
- вариант 2 — схема, моделирующая вариант альтернативного покрытия (стальные решетчатые прогоны и стальной профилированный настил).

У обоих вариантов расчетной схемы на рис. 13 и 14 не показаны ограждающие конструкции.

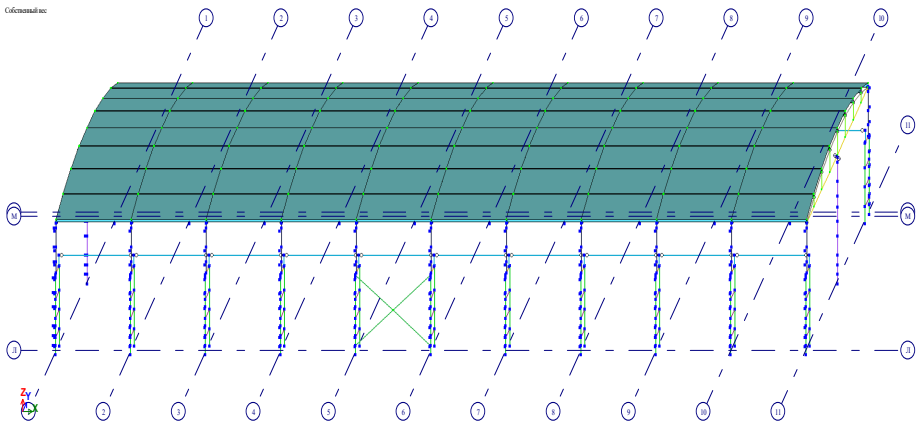


Рис. 13. Схема дискретизации конструкций на конечные элементы (КЭ). Вариант 1

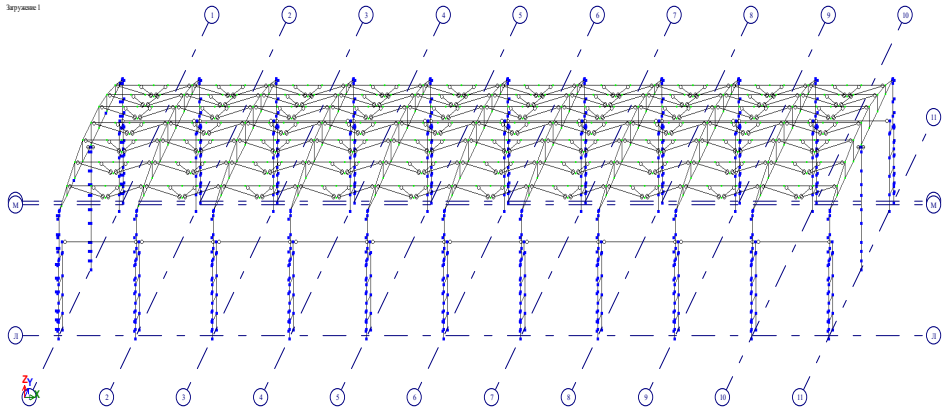


Рис. 14. Схема дискретизации конструкций на конечные элементы (КЭ). Вариант 2

Поверочными расчетами пространственной системы на горизонтальные перемещения от воздействий ветровых нагрузок и торможения кранов по приведенным выше расчетным схемам достоверно оценено влияние альтернативной замены конструкций покрытия на пространственную жесткость и устойчивость здания при сложившихся технологических режимах.

На рис. 15 и 16 приведены полученные результаты по двум вариантам. На рис. 17 представлены конструкции прогонов.

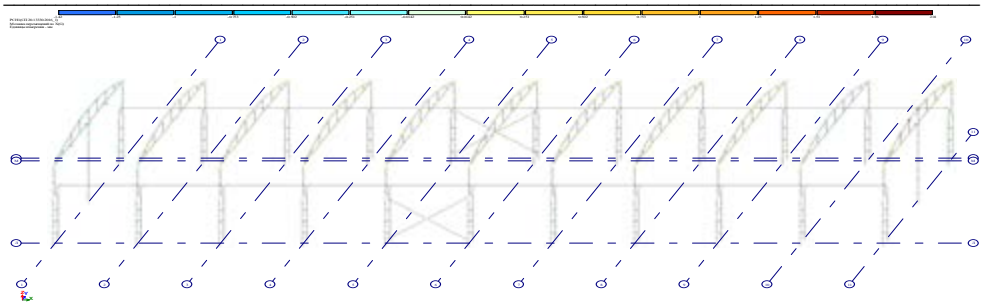


Рис. 15. Горизонтальные перемещения вдоль буквенных осей. Вариант 1

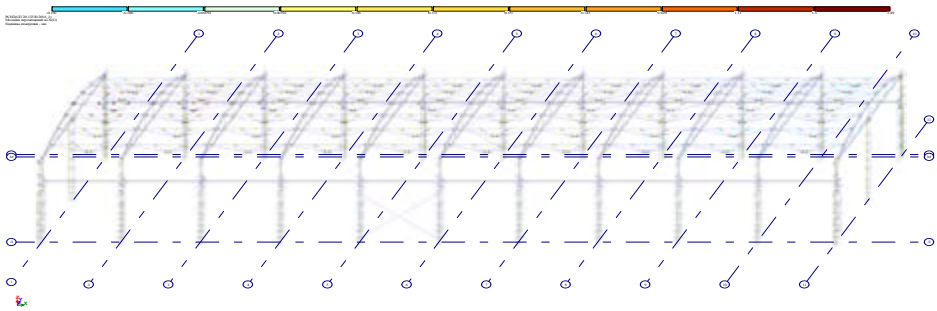


Рис. 16. Горизонтальные перемещения вдоль буквенных осей. Вариант 2

Рис. 17. Конструкции прогонов

Сопоставительный анализ результатов выполненных расчетов позволяет констатировать практическую идентичность горизонтальных перемещений вдоль цифровых осей в обоих вариантах при работе одного крана. Таким образом, пространственная жесткость и устойчивость каркаса здания с альтернативным вариантом покрытия обеспечена [20, 21].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Raizer V. D.* Theory of reliability in structural design // Journal of Applied Mechanics Reviews. 2004.

2. *Raizer V. D.* Reliability of Structures. Analysis and Applications. New York, USA : Backbone Publishing Company, 2009.

3. *Ditlevsen O., Madsen H. O.* Structural reliability methods / Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark, 2007.

4. *Wu L., Wang H., Lin Zh.* Ultimate strength behavior of steel plate-concrete composite slabs: An experimental and theoretical study // Steel and Composite Structures. 2020. 18 p.

5. *Yang Yong, Li Hui.* Experimental study on shear behaviors of Partial Precast Steel Reinforced Concrete beams // Steel and Composite Structures. 2020. 15 p.

6. *Yunlong Yu., Yong Yang, Yicong Xue, Yaping Liu.* Shear behavior and shear capacity prediction of precast concrete-encased steel beams // Steel and Composite Structures. 2020. 11 p.

7. *Yuxuan Tao, Yuan Huang.* Numerical investigation on progressive collapse resistance of post-tensioned precast concrete beam-column assemblies under a column-loss scenario // Engineering Structures. 2022. 15 p.

8. Effects of loading regimes on the structural behavior of RC beam-column sub-assemblages against disproportionate collapse / Kai Qian, Song-Yuan Geng, Shi-Lin Liang, Feng Fu, Jun Yu // Engineering Structures. 2022. 17 p.

9. *Chae-Rim Im, Keun-Hyeok Yang, Sanghee Kim, Ju-Hyun Mun.* Flexural performance of lightweight aggregate concrete columns // Engineering Structures. 2022. 14 p.

10. *Пшеничкина В. А., Бабалич В. С., Сухина К. Н., Сухин К. А.* Оценка остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций эксплуатируемых промышленных зданий : моногр. Волгоград, 2017.

11. *Сухина К. Н., Пшеничкина В. А.* Вероятностный анализ ресурса конструкций покрытия промышленного здания с учетом случайного характера снеговой нагрузки // Инженер. вестн. Дона. 2015. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3397.

12. *Туснина О. А., Павлов С. А.* Оценка устойчивости к прогрессирующему обрушению каркаса конвертерного цеха // Вестн. гражданских инженеров. 2019. № 6.

13. *Попов В. М., Плюснин М. Г.* Влияние изменчивости характеристик бетона и арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов // Вестн. гражданских инженеров. 2015. № 3.

14. *Райзер В. Д.* Теория надежности сооружений. М. : АСВ, 2010.

15. *Бандурин М. А.* Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // Инженер. вестн. Дона. 2012. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891.

16. *Лыжненко К. Ю., Кубасов А. Ю., Маилян Д. Р.* К вопросу восстановления экспериментальной надежности железобетонных конструкций // Инженер. вестн. Дона. 2017. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4422.

17. *Калашников С. Ю., Пшеничкина В. А., Бояльская А. А.* К вопросу об анализе риска строительных конструкций, зданий и сооружений при экстремальных воздействиях природного или техногенного характера // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства : материалы II науч.-техн. конф., 2009. С. 39—43.

18. *Острейковский В. А.* Теория надежности. М. : Высш. шк., 2003. С. 127—132.

19. *Пшеничкина В. А., Гордеев С. С., Иванов М. А.* Основные положения метода анализа риска при проведении мониторинга технического состояния зданий и сооружений // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области». МНПК, 2009. С. 238—241.

20. *Тамразян А. Г.* Анализ риска обрушения зданий и сооружений от критических дефектов и различных техногенных воздействий. М. : МГСУ, 2004. 106 с.

21. *Ржаницын А. Р.* Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 239 с.

© Бабалич В. С., Сухин К. А., Вильгельм Ю. С., Власов В. Н., Сухина К. Н., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Восстановление ресурса строительных конструкций цехов металлургических предприятий / В. С. Бабалич, К. А. Сухин, Ю. С. Вильгельм, В. Н. Власов, К. Н. Сухина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 7—16.

Об авторах:

Бабалич Валентин Степанович — канд. техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Сухин Кирилл Александрович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Вильгельм Юрий Степанович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Власов Владимир Николаевич — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Сухина Ксения Николаевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; zhukova_kseniya@mail.ru

Valentin S. Babalich, Kirill A. Sukhin, Yurii S. Vil'gel'm, Vladimir N. Vlasov, Kseniya N. Sukhina

Volgograd State Technical University

RESTORATION OF THE RESOURCE OF BUILDING STRUCTURES SHOPS OF METALLURGICAL ENTERPRISES

The catastrophic aging of fixed assets of industrial enterprises, their intensive and unsystematic exploitation, led to critical structural degradation of buildings and structures of industrial facilities. Therefore, the restoration and extension of the safe operation life of the main building structures of production facilities is the most important and urgent scientific and technical task of the industry.

For the optimal restoration of the operational suitability of an industrial building, an assessment was made of the stress-strain state of the most damaged structures, taking into account their technical condition and actual strength characteristics. A technique has been developed for replacing and restoring building structures operated in a strong aggressive environment without stopping the process at the facility.

K e y w o r d s: survey, recovery, stress-strain state, reinforced concrete structures, aggressive environment, metallurgy.

For citation:

Babalich V. S., Sukhin K. A., Vil'gel'm Yu. S., Vlasov V. N., Sukhina K. N. [Restoration of the resource of building structures shops of metallurgical enterprises]. *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], 2022, iss. 3, pp. 7—16.

About authors:

Valentin S. Babalich — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Kirill A. Sukhin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Yurii S. Vil'gel'm — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Vladimir N. Vlasov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Kseniya N. Sukhina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; zhukova_kseniya@mail.ru

УДК 66-9

А. Ф. Жарков[а], О. Г. Чеснокова[а], В. Д. Черкесов[б]

[а] Волгоградский государственный технический университет
[б] Лицей № 10 г. Волгограда

ПРАКТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСТКИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

В статье раскрывается практический способ расчета эффективности очистки теплообменников. Накипь на поверхности нагрева теплообменника увеличивает термическое сопротивление теплопередающей стенки и, следовательно, снижает коэффициент теплопередачи аппарата. Предлагается оценивать очистку теплообменников по измерениям температуры на входах и выходах теплоносителей рабочей и обрабатываемой сред до очистки и после ее завершения без разборки конструкции.

Ключевые слова: теплообменники, чистка внутренней поверхности, теплопередача.

Актуальность тематики

Часто для оценки чистки и ее эффективности приходится разбирать теплообменники (рис. 1), для чего требуется значительное время и большие трудозатраты. Здесь предлагается оценивать очистку теплообменников по измерениям температуры на входах и выходах теплоносителей рабочей и обрабатываемой сред до очистки и после ее завершения без разборки конструкции. Измерение температуры производится тепловизором в одних и тех же точках на входах и выходах при работе теплообменника в стационарном режиме.

Исследованиям в области физических свойств теплообменников и сопоставимых инженерных систем посвящены работы следующих ученых: С. С. Кутателадзе, М. А. Михеев, И. М. Михеева, Д. М. Махмутова, А. А. Герантьева, Э. Р. Каримова, А. В. Гриценко, Э. М. Хасаншина, И. К. Шадрин, Е. В. Корепанов, Е. А. Сорокопудов, Д. Б. Рожицкий, А. М. Зимняков, Р. В. Наумов, Е. Т. Петров, А. А. Круглов, Д. В. Соловьев, М. А. Семенов, С. А. Голобоков, М. Ю. Сарилов, Е. С. Санталов, М. Ю. Ометова, А. Т. Тарасов, Е. А. Трушачкина, В. Ю. Шашкин, F. Xiao, J. Du, L. Liu, D. H. A. Sudarni, H. Müller-Steinhagen, M. R. Malayeri, A. P. Watkinson, M. Schoenitz, A. Hohlen, W. Augustin, S. Scholl, Y. Yang, H. Kim, A. Fridman, Y. I. Cho, J. Piepiórka-Stepuk, J. Diakun, I. G. Maizel’, R. V. Kononenko, A. V. Kazak, I. V. Voronoi, V. I. Goryannoi, A. V. Vasil’ev, А. В. Москвичева [1—24] и др.

Накипь на поверхности нагрева теплообменника увеличивает термическое сопротивление теплопередающей стенки и, следовательно, снижает коэффициент теплопередачи аппарата. Коэффициент теплопроводности накипи имеет весьма низкое значение, он в 20…50 раз меньше, чем у стали. Даже незначительный слой отложений препятствует эффективному теплообмену (рис. 2). Так, термическое сопротивление котельной накипи толщиной 1 мм эквивалентно стальной стенке толщиной 40 мм [2].

Целью методики является определение эффективности очистки теплообменника по измерениям температуры на входах и выходах теплоносителей

(как рабочей, так и обрабатываемой сред). Сравниваются температуры одного и того же теплообменника до и после очистки. При проведении измерений необходимо обеспечить следующие условия:

1) массовые расходы теплоносителей (жидкостей) равны, т. е. контролируется одинаковое давление на входах до и после очистки;

2) теплоемкости теплоносителей равны, поэтому в качестве рабочей и обрабатываемой среды принимаем воду, теплофизические характеристики которой хорошо известны;

3) плотности теплоносителей равны;

4) измерения проводятся при работе теплообменника в стационарном режиме.

Поскольку все процессы теплообмена проходят внутри одного и того же теплообменника, все его физико-механические параметры (размеры, масса, материал теплообменных труб, площадь поверхности теплоотдачи) принимаем неизменными до и после очистки.

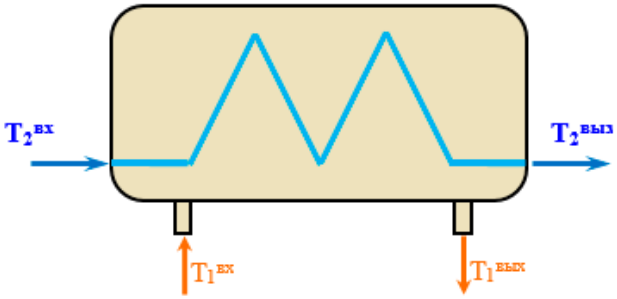


Рис. 1. Общий вид теплообменника

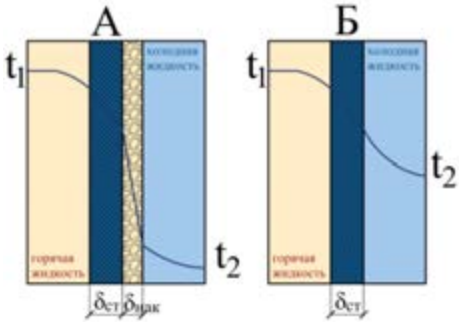


Рис. 2. Теплообменник: *а* — до очистки; *б* — после очистки

Решение вопроса

Основные расчетные уравнения:

- уравнение теплопередачи

$$Q = kF\left(t_1 - t_2\right) \text{ Вт, или } Q = k\left(t_1 - t_2\right), \text{ Вт/м}^2; \quad (1)$$

- уравнения теплового баланса

$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q, \quad (2)$$

где Q_1 — количество теплоты, отданное горячим теплоносителем:

$$Q_1 = G_1\delta i_1 = G_1 c_{p1}\delta t_1 = G_1 c_{p1}\left(t'_1 - t''_1\right),\ \text{Дж/с} = \text{Вт}; \tag{2а}$$

Q_2 — количество теплоты, принятое холодным теплоносителем:

$$Q_2 = G_2\delta i_2 = G_2 c_{p2}\delta t_2 = G_2 c_{p2}\left(t''_2 - t'_2\right),\ \text{Вт}; \tag{2б}$$

ΔQ — потери теплоты в окружающую среду, Вт (для теплоизолированных теплообменников этой величиной можно пренебречь); G_1, G_2 — массовые расходы горячего и холодного теплоносителей; кг/с; δi_1, δi_2 — изменение энтальпии теплоносителей, Дж/(кг · °С); $\delta i c_{p1}$, c_{p2} — удельные теплоемкости теплоносителей при постоянном давлении, Дж/(кг · °С); t'_1, t''_1 — температуры горячего теплоносителя на входе и выходе из аппарата, °С; t'_2, t''_2 — температуры холодного теплоносителя на входе и выходе из аппарата, °С; 1, 2 — означают, что величины относятся к горячему и холодному теплоносителям.

Температура рабочих жидкостей изменяется: горячая охлаждается, а холодная нагревается. Вместе с этим изменяется и температурный напор между ними: $\Delta t_i = (t_1 - t_2)_i$. В этих условиях уравнение теплопередачи (1) применимо лишь в дифференциальной форме к элементу поверхности dF, а именно:

$$dQ = ki \cdot \Delta ti \cdot dFi.$$

Общее количество теплоты, переданное через всю поверхность, получаем интегрированием

$$Q = \int_0^F k_i \Delta t_i dF_i = k\Delta tF. \tag{3}$$

Для упрощения расчетов в стационарном режиме вводится величина, называемая водяным эквивалентом W, Дж/(с · °С) = Вт/°С, которая указывает на передаваемую мощность теплового потока, отнесенную к изменению температуры:

$$W = Gc_{\text{р}}, \tag{4}$$

где G — массовый расход теплоносителя, кг/с:

$$G = \rho\omega f,$$

где ω — скорость теплоносителя, м/с; ρ — плотность теплоносителя, кг/м^3; f — площадь сечения канала, м^2.

Если величину водяного эквивалента W, Вт, ввести в уравнение теплового баланса (2), то оно примет вид

$$W_1\left(t'_1 - t''_1\right) = W_2\left(t''_2 - t'_2\right),$$

откуда

$$\frac{t'_1 - t''_1}{t''_2 - t'_2} = \frac{\delta t_1}{\delta t_2} = \frac{W_2}{W_1}. \tag{5}$$

Последнее означает, что отношение изменений температур теплоносителей обратно пропорционально отношению их водяных эквивалентов. Такое соотношение справедливо как для всей поверхности нагрева F, так и для каждого ее элемента dF, т. е.

$$\frac{dt_1}{dt_2} = \frac{W_2}{W_1}, \tag{6}$$

где dt_1 и dt_2 — изменение температуры рабочих жидкостей на элементе поверхности (рис. 3).

Характер изменения температуры рабочих жидкостей вдоль поверхности нагрева зависит от схемы их движения и соотношения величин W_1 и W_2. В зависимости от того, осуществляется ли прямоток или противоток и W_1 больше или меньше, чем W_2, получается четыре характерных пары кривых изменения температуры вдоль поверхности нагрева, представленных на рис. 4. Здесь по осям абсцисс отложена площадь поверхности нагрева F, а по осям ординат — температура рабочих жидкостей.

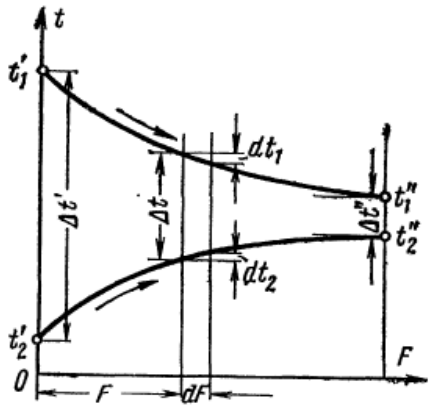


Рис. 3. К выводу формулы осреднения температурного напора

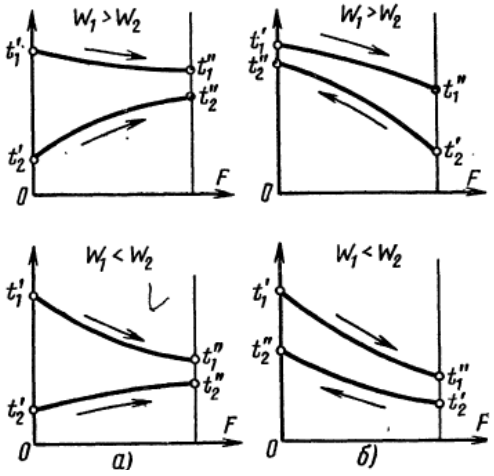


Рис. 4. Характер изменения температуры рабочих жидкостей: *а* — при прямотоке; *б* — при противотоке

В соответствии с уравнением (5) получается большее изменение температуры $t' - t'' = \delta t$ для той жидкости, у которой значение величины W меньше.

Среднеарифметическое значение температурного напора всегда больше среднелогарифмического, и первое справедливо при соотношении напоров $\Delta t'' / \Delta t' > 0{,}6$ с точностью до 3 %. При несоблюдении данного условия ошибка возрастает, и поэтому в расчете используем среднелогарифмическое значение температурного напора.

Принимаем, что расход, теплоемкость рабочих жидкостей и коэффициент теплопередачи вдоль поверхности нагрева остаются const. Тогда среднелогарифмический температурный напор $\overline{\Delta t}$ при противотоке, полученный из интегрирования (3), равен

$$\overline{\Delta t} = \frac{\left(t'_1 - t''_2\right) - \left(t''_1 - t'_2\right)}{\ln \dfrac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2}}. \qquad (7)$$

Поскольку при замерах четырех температур неизвестно соотношение водяных эквивалентов, $W_1 > W_2$ или $W_1 < W_2$ (см. рис. 4), соответствующие им напоры могут менять знак. Для исключения деления на ноль и исходя из физической логики направления теплового потока «от большей температуры к меньшей», исходя из сравнений водяных эквивалентов находим больший $\Delta t_б$ и меньший $\Delta t_м$ температурные напоры для теплоносителей.

Окончательная формула среднелогарифмического температурного напора для прямотока и противотока принимает вид

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln \dfrac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}. \qquad (8)$$

Так как в действительности эти условия выполняются лишь приближенно, то значение $\overline{\Delta t}$, вычисленное по формулам (7) и (8), также приближенно.

Для аппаратов с перекрестным и смешанным током рабочих жидкостей следует уточнить при помощи номограммы (рис. 5) на поправочный коэффициент $\varepsilon\Delta_t$ при помощи вспомогательных величин P и R:

$$P = \frac{t''_2 - t'_2}{t'_1 - t'_2} = \frac{\delta t_2}{\Delta t'};$$
$$R = \frac{t'_1 - t''_1}{t''_2 - t'_2} = \frac{\delta t_1}{\Delta t_2}. \qquad (9)$$

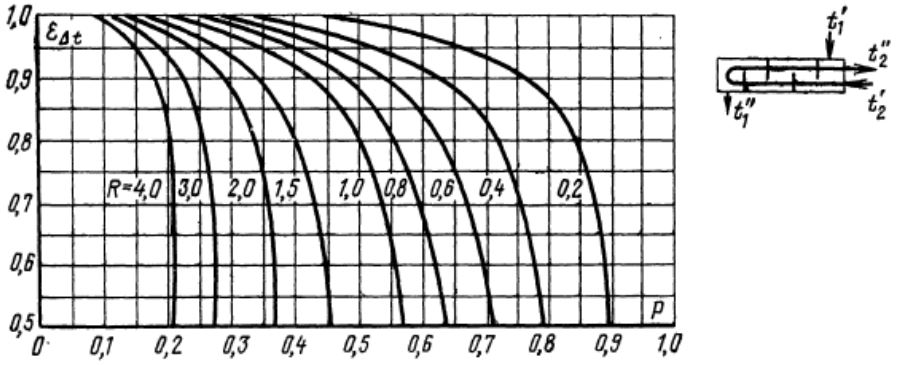


Рис. 5. Номограмма для поправки $\varepsilon\Delta_t = f(P, R)$

Конструкцию теплообменника следует учитывать при определении эффективности очистки. В общем случае средний температурный напор теплообменника определяется по формуле с уточненным среднелогарифмическим значением:

$$\overline{\Delta t} = \varepsilon_{\Delta t} \frac{\Delta t_{б} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{б}}{\Delta t_{м}}}. \quad (10)$$

Основной характерной величиной при выполнении условий (1)—(4) является интегральный среднелогарифмический температурный напор $\overline{\Delta t}$, который учитывает изменение температур двух теплоносителей.

Запишем уравнения теплового баланса (2а) и (2б):

$$Q_1 = G_1 \delta i_1 = G_1 c_{p1} \delta t_1 = G_1 c_{p1} \left(t'_1 - t''_1 \right);$$

$$Q_2 = G_2 \delta i_2 = G_2 c_{p2} \delta t_2 = G_2 c_{p2} \left(t''_2 - t'_2 \right).$$

При соблюдении условий (1)—(4), т. е.

$G_1 = G_2$ — равенства массовых расходов горячего и холодного теплоносителей (вода — вода);

$\delta i_1 = \delta i_2$ — равенства энтальпий теплоносителей;

$C_{p1} = C_{p2}$ — равенства удельных теплоемкостей теплоносителей при постоянном давлении, после сокращения получаем

$$\left(t'_1 - t''_1 \right) = Q_1 \text{ и } \left(t''_2 - t'_2 \right) = Q_2 \text{ или } \delta t_1 = Q_1 \text{ и } \delta t_2 = Q_2, \text{ Вт.}$$

Заменяя среднеарифметический температурный напор δt_i на интегральный среднелогарифмический температурный напор $\overline{\Delta t}$, получаем

$$Q_1 = \overline{\Delta t} \text{ и } Q_2 = \overline{\Delta t}. \quad (11)$$

Обозначим через I теплообменник до чистки и через II — теплообменник после чистки и перепишем (11):

$$Q^{\text{I}} = \overline{\Delta t}^{\text{I}} \text{ и } Q^{\text{II}} = \overline{\Delta t}^{\text{II}}. \quad (12)$$

Улучшение параметров чистки по тепловому потоку в процентах определим из относительной разности тепловых потоков до и после чистки:

$$\frac{Q^{\text{II}} - Q^{\text{I}}}{Q^{\text{I}}} \%. \quad (13)$$

Положительное значение указывает на повышение эффективности работы теплообменника после чистки.

Можно определить эффективность чистки по отношению тепловых потоков $Q^{\text{II}} / Q^{\text{I}}$, раз, до и после чистки. Если отношение $Q^{\text{II}} / Q^{\text{I}}$ больше единицы, то очистка повысила эффективность работы теплообменника, если меньше единицы — очистка оказалась неэффективной.

Для получения основных физических характеристик теплообменных аппаратов I и II из уравнений (2а) и (2б) (при выполнении условий (1)—(4)) дополним (12):

$$Q_1 = \overline{\Delta t} \text{ и } Q_2 = \overline{\Delta t}; \; k^{\mathrm{I}} = \overline{\Delta t}^{\mathrm{I}} \text{ и } k^{\mathrm{II}} = \overline{\Delta t}^{\mathrm{II}}; \; R^{\mathrm{I}} = \frac{1}{\overline{\Delta t}^{\mathrm{I}}} \text{ и } R^{\mathrm{II}} = \frac{1}{\overline{\Delta t}^{\mathrm{II}}}. \quad (14)$$

Среднелогарифмический температурный напор $\overline{\Delta t}$ в формуле (14) при соблюдении условий (1)—(4) определяет прямо пропорционально изменение теплового потока Q и коэффициента теплопередачи k и обратно пропорционален термическому сопротивлению R.

Как известно, термическое сопротивление R, м^2 · °С/Вт, является обратным тепловой проводимости k, Вт/(м^2 · °С).

Тепловой поток запишем в виде

$$Q = \frac{\Delta T}{1/k} = \frac{\Delta T}{R},$$

где

$$R = \frac{1}{k} = \frac{\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{С}}{\text{Вт}}.$$

Следовательно:

$$q = \frac{\lambda}{\delta}\left(T_1 - T_2\right) = k \cdot \Delta T = \frac{\Delta T}{\delta} = \frac{\Delta T}{R_1},$$

где $k = \frac{\lambda}{\delta}$ — тепловая проводимость стенки; $\Delta T = \left(T_1 - T_2\right)$ — температурный напор, °С; $R = \frac{\lambda}{\delta} = \frac{1}{k}$ — термическое сопротивление стенки, м^2 · °С/Вт.

Аналогия законов Ома для электрических и термических цепей — электротепловая аналогия:

$I = \frac{\Delta U}{R_1}$ — сила тока;

$q \leftrightarrow I$;

$\Delta T \leftrightarrow \Delta U$;

$R_1 \leftrightarrow R$.

Запишем полное термическое сопротивление для грязного теплообменника I:

$$R = \frac{1}{k_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{накипи}}}{\lambda_{\text{накипи}}} + \frac{1}{k_2}, \; \frac{\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{С}}{\text{Вт}}. \quad (15)$$

Предположим, что мы идеально почистили теплообменник, в нем нет накипи на стальных стенках, тогда:

$$R = \frac{1}{k_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{k_2}, \; \frac{\text{м}^2 \cdot {}^\circ\text{С}}{\text{Вт}}. \quad (16)$$

Очевидно, что чистка теплообменника сводится к уменьшению толщины накипи, которая влияет на увеличение термического сопротивления и уменьшает теплопроводимость.

Методика расчета реализована в виде программы Excel, в которой надо ввести восемь значений измеренных температур (четыре до очистки и четыре после). По вычисленным вспомогательным величинам P и R и номограмме (см. рис. 4) следует в ячейки ввести поправочные коэффициенты $\varepsilon\Delta_t$. Вводимые данные в ячейки окрашены зеленым цветом. Остальные ячейки являются информационными, и они защищены и не доступны для редактирования.

При вводе значений температур следует обратить внимание, что температуры на входе и выходе не могут быть одинаковыми, это говорит о том, что теплообмена нет, а в математике получаем деление на ноль. Разница по тепловым напорам $\delta t_1 - \delta t_2 \neq 0$, что приведет к делению на ноль.

Заключение

Данная методика апробирована и использовалась при очистке кожухотрубных теплообменников химическим способом на предприятиях Волгограда: ООО «Иноватех», ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» и ООО «Каустик». Рассмотренную методику можно применять при очистке теплообменников всех типов и любым способом, включая ультразвук и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кутателадзе С. С.* Теплопередача и гидродинамическое сопротивление : справ. пособие. М. : Энергоатомиздат, 1990. 367 с.

2. *Михеев М. А., Михеева И. М.* Основы теплопередачи. 2-е изд., стер. М. : Энергия, 1977. 344 с.

3. *Махмутова Д. М.* Методы повышения тепловой эффективности кожухотрубных теплообменных аппаратов // Проблемы современной науки в исследованиях молодых ученых : материалы конф., Уфа, 30 марта 2017 г. Уфа : Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т, 2017. С. 256—259.

4. *Герантьева А. А., Каримова Э. Р., Гриценко А. В., Хасаншина Э. М.* Проблемы очистки труб в теплообменниках // Современные проблемы развития техники, экономики и общества : материалы I Междунар. науч.-практ. заоч. конф., Лениногорск, 14 марта 2016 г. / Науч. ред. А. В. Гумеров. Лениногорск : Ро́кета Союз, 2016. С. 68—69.

5. *Шадрин И. К., Корепанов Е. В.* Параметрический анализ эффективности теплообменного оборудования в системах теплоснабжения // Интеллектуальные системы в производстве. 2016. № 1(28). С. 90—95.

6. *Сорокопудов Е. А., Рожицкий Д. Б.* Эффективность различных способов очистки теплоэнергетического оборудования от накипных отложений // Техника и технология современных производств : сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пенза, 12—13 апр. 2021 г. Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2021. С. 184—188.

7. *Зимняков А. М., Наумов Р. В.* Анализ химических отложений теплового оборудования и способы их очистки // Изв. Пенз. гос. пед. ун-та им. В. Г. Белинского. 2010. № 21. С. 104—108.

8. *Петров Е. Т., Круглов А. А.* Анализ методов утилизации теплоты очистных сооружений с помощью тепловых насосов // Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития (SEWAN-2021) = Sustainable and Efficient Use of Energy, Water and Natural Resources (SEWAN-2021) : III междунар. науч. конф. SEWAN-2021 : сб. тр., Санкт-Петербург, 19—24 апр. 2021 г. СПб. : Нац. исслед. ун-т ИТМО, 2021. С. 69—70.

9. *Соловьев Д. В.* Снижение энергетических потерь в теплообменном оборудовании путем контроля толщины отложений на поверхностях теплообмена // Научному прогрессу — творчество молодых. 2018. № 2. С. 135—137.

10. *Семенов М. А.* Современные методы и устройства очистки теплообменных поверхностей // Решение. 2015. Т. 2. С. 251—252.

11. *Голобоков С. А., Сарилов М. Ю.* Налетные отложения в теплообменном оборудовании // Актуальные вопросы науки, нанотехнологий, производства : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 26 нояб. 2021 г. Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2021. С. 64—66.

12. *Санталов Е. С., Ометова М. Ю.* Способы борьбы с накипью в теплообменниках // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений : сб. науч. тр. Иваново : Ивановский гос. политехн. ун-т, 2020. С. 180—185.

13. *Тарасов А. Т., Сарилов М. Ю.* Методы очистки кожухотрубчатого теплообменника // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 9—20 апр. 2018 г. Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2018. С. 173—175.

14. *Трушачкина Е. А., Шашкин В. Ю.* Борьба с загрязнениями поверхности нагрева пластинчатого теплообменника как метод повышения тепловой эффективности // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов, ученых. 2017. Т. 5. № 1. С. 223—226.

15. Simultaneous optimization of synthesis and cleaning schedule for flexible heat exchanger network / F. Xiao, J. Du, L. Liu et al. // Huagong Xuebao. 2009. Vol. 60. No. 10. Pp. 2529—2535.

16. *Sudarni D. H. A.* Cleaning schedule for increased energy efficiency on heat exchanger process: Sugar plant case study // Journal of Physics: Conference Series: Applied Mathematics, Science and Technology for Commercialism and Industrialization. Malang, 2019. P. 012007. DOI: 10.1088/1742-6596/1375/1/012007.

17. *Müller-Steinhagen H., Malayeri M. R., Watkinson A. P.* Heat exchanger fouling: Mitigation and cleaning strategies // Heat Transfer Engineering. 2011. Vol. 32. No. 3-4. Pp. 189—196. DOI: 10.1080/01457632.2010.503108.

18. *Schoenitz M., Hohlen A., Augustin W., Scholl S.* In-process cleaning of a micro heat exchanger with ultrasound during the continuous crystallization of solid lipid nanoparticles // ASME 2014 12th International Conference on Nanochannels, Microchannels, and Minichannels, ICNMM 2014, Collocated with the ASME 2014 4th Joint US-European Fluids Engineering Division Summer Meeting. Chicago, IL, 2014. DOI: 10.1115/ICNMM2014-21821.

19. *Yang Y., Kim H., Fridman A., Cho Y. I.* Effect of a plasma-assisted self-cleaning filter on the performance of PWT coil for the mitigation of mineral fouling in a heat exchanger // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2010. Vol. 53. No. 1-3. Pp. 412—422. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2009.09.015.

20. *Piepiórka-Stepuk J., Diakun J.* Numerical analysis of fluid flow velocity between plates channel of heat exchanger by different surface configuration in reference to the effects of cleaning // Italian Journal of Food Science. 2014. Vol. 26. No. 2. Pp. 210—220.

21. *Maizel' I. G., Kononenko R. V.* Technology of ribbed pipe cleaning at operation site // Chemical and Petroleum Engineering. 2016. Vol. 52. No. 7-8. Pp. 464—467. DOI: 10.1007/s10556-016-0215-4.

22. *Kazak A. V., Voronoi I. V., Goryannoi V. I., Vasil'ev A. V.* Cleaning the heat exchangers in biochemical systems // Coke and Chemistry. 2014. Vol. 57. No. 8. Pp. 332—334. DOI: 10.3103/S1068364X14080055.

23. Снижение надежности сооружений систем водного хозяйства в результате биообрастания / А. В. Москвичева, А. Г. Тимофеев, Е. В. Федулова и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. № 4(85). С. 201—207.

24. Способ защиты металлических изделий от биообрастания / Е. В. Москвичева, А. Г. Тимофеев, Е. В. Федулова и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. № 4(85). С. 208—212.

© Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г., Черкесов В. Д., 2022

Поступила в редакцию
в мае 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г., Черкесов В. Д. Практический способ расчета эффективности чистки теплообменников // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 17—26.

Об авторах:

Жарков Анатолий Федорович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; jarko65@yandex.ru

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

Черкесов Василий Дмитриевич — ученик лицея № 10 г. Волгограда.

Anatolij F. Zharkov[a], Oksana G. Chesnokova[a], Vasily D. Cherkesov[b]

[a] Volgograd State Technical University

[b] Lyceum No. 10 in Volgograd

A PRACTICAL WAY TO CALCULATE THE EFFICIENCY OF CLEANING HEAT EXCHANGERS

The article reveals a practical way to calculate the efficiency of cleaning heat exchangers. Scale on the heating surface of the heat exchanger increases the thermal resistance of the heat exchange wall and, consequently, reduces the heat transfer coefficient of the device.

Often, in order to evaluate cleaning and its effectiveness, it is necessary to disassemble heat exchangers, which requires considerable time and a lot of labor. Here it is proposed to evaluate the cleaning of heat exchangers by measuring the temperature at the inputs and outputs of the heat carriers of the working and treated media before cleaning and after its completion without disassembling the structure. The temperature is measured by a thermal imager at the same points at the inputs and outputs when the heat exchanger is operating in stationary mode.

K e y w o r d s: heat exchangers, cleaning of the inner surface, heat transfer.

For citation:

Zharkov A. F., Chesnokova O. G., Cherkesov V. D. [A practical way to calculate the efficiency of cleaning heat exchangers]. *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], 2022, iss. 3, pp. 17—26.

About authors:

Anatolij F. Zharkov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; jarko65@yandex.ru

Oksana G. Chesnokova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; oxxxana72@yandex.ru

Vasily D. Cherkesov — Student, Lyceum No. 10 in Volgograd

УДК 624.9

В. А. Пшеничкина, О. В. Марценюк, А. В. Марценюк, М. В. Короленя

Волгоградский государственный технический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СКУЛЬПТУРЫ «РОДИНА-МАТЬ ЗОВЕТ!»

Скульптура «Родина-мать зовет!» мемориального комплекса «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане уникальна: это вид изобразительного искусства, объект культурного наследия федерального значения. В отличие от обычных зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения основная задача эксплуатации скульптуры «Родина-мать зовет!» заключается в поддержании заложенного при проектировании и строительстве высокого уровня надежности всех ее конструкций на основе инструментального мониторинга и своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформируемого состояния строительных конструкций и грунтов основания. В статье рассмотрены практические мероприятия, проведенные в период 2010—2022 гг. для обеспечения безопасной и долговечной эксплуатации скульптуры «Родина-мать зовет!».

К л ю ч е в ы е с л о в а: скульптура «Родина-мать зовет!», объект федеральной собственности России, железобетонные конструкции, безопасная и долговечная эксплуатация, комплексное обследование, динамические тестовые испытания.

Главный монумент «Родина-мать зовет!» памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» — 52-метровая фигура женщины, устремленной вперед, с поднятым в правой руке мечом — расположена на вершине Мамаева кургана (рис. 1). С 2008 г. является объектом федеральной собственности России (Распоряжение территориального управления Федерального агентства по управлению федеральным имуществом по Волгоградской области № 280-р от 27 марта 2008 г.). Эксплуатирующая организация — ФГУК «Государственный историко-мемориальный музей-заповедник „Сталинградская битва“». Сроки строительства 1961—1967 гг.

Основные характеристики:

- общая высота монумента (от фундамента до верхушки меча) ≈ 85 м;
- высота монумента ≈ 52 м;
- длина меча с эфесом 33 м;
- вес монумента 6000 т;
- вес фундамента 2000 т;
- вес меча 14 т.

Инженерно-геологические условия территории

Породы на территории Мамаева кургана представлены глинами майкопской серии серовато-зеленого, серого, буровато- и темно-серого цвета преимущественно твердой (реже полутвердой, а в отдельных случаях — тугопластичной) консистенции. Общая мощность глин изменяется от 5,0 до 26,8 м [1].

Уровни воды в пределах зоны главного монумента в 1965 г. находились на отметках 108…109 м или на 3…4 м ниже отметки подошвы фундамента (111,95 м). В 1990 г. уровни воды были на отметках 109,5…110,2 м, в 2008 г. максимальные уровни фиксировались на отметках 112,6…114,14 м.

По результатам замеров на сентябрь 2010 г. уровни воды в зоне главного монумента зафиксированы на отметках 109,61…112,44 м. Непосредственно под главным монументом уровень воды предположительно находится в пределах отметок 110…111 м (рис. 2). (Отметки даны в относительной системе координат. Отметка ±0,00 соответствует отметке 130,75 м в Балтийской системе координат.)

Рис. 1. Главный монумент «Родина-мать зовет!» памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане

Начиная с 2011 г. мониторинг изменения уровня, температуры и химического состава подземных вод проводится в ежеквартальном режиме.

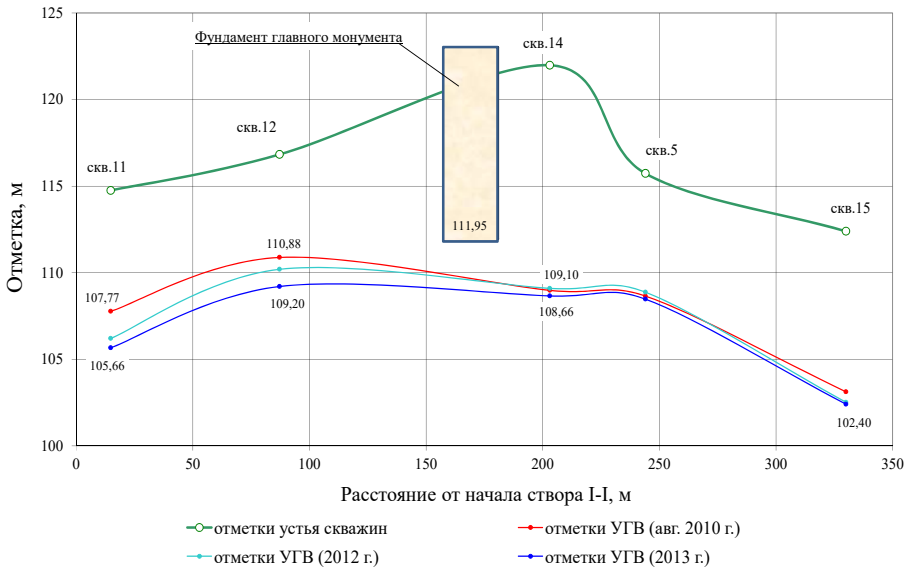


Рис. 2. Уровни подземных вод по гидрогеологическому разрезу

Конструкция главного монумента

Фундамент монумента представляет собой железобетонную конструкцию высотой 16,0 м от подошвы нижней плиты (с размерами в плане 23,0 × 23,0 м и толщиной 1,4 м) до верхней грани верхней плиты (с размерами в плане 22,6 × 22,6 м и толщиной 0,7 м). Верхняя и нижняя плиты соединены между собой стенами толщиной 1,2 м, расположенными в плане по периметрам в виде квадратов 11,4 × 11,4 и 17,2 × 17,2 м. Периметры стен — наружный и внутренний — соединены между собой перемычками, расположенными по осям фундамента и на продолжениях стен внутреннего периметра. Проектная марка бетона по прочности 200. Вес фундамента 2000 т.

В пределах застроенной части Мамаева кургана выполнена система водопроводов, дренажей, а также ливневой канализации.

Выше фундамента располагается постамент (стилобат) монумента высотой 2,75 м, представляющий собой монолитную железобетонную конструкцию из ортогонально пересекающихся стен толщиной 0,25 м с шагом 3,0 м. В центральной зоне постамента толщина стен достигает 0,7 м.

Внутренний объем фигуры монумента разделен на отсеки, образованные системой горизонтальных перекрытий, вертикальных переборок и внешней оболочкой фигуры. Горизонтальные перекрытия расположены через 4 м по высоте и начинаются с отметки ±0,00. Вертикальные переборки возведены по соответствующим взаимно перпендикулярным разбивочным осям. Шаг расположения осей в плане одинаков и составляет 3 м.

Толщина горизонтальных перекрытий внутри скульптуры составляет 200 мм по всей высоте монумента. Толщина бетона оболочки 250 мм. Толщина вертикальных переборок до отметки 8,0 м составляет 800 мм, расположенных выше отметки 8,0 м — 250 мм.

Скульптура «Родина-мать зовет!» мемориального комплекса «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане уникальна: это вид изобразительного искусства, объект культурного наследия федерального значения. В соответствии с п. 23 ст. 2 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ не является сооружением. Сохранение исторического и культурного наследия путем обеспечения долговечности и безопасной эксплуатации скульптуры «Родина-мать зовет!» требует особого подхода. Для обычных зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения при проектировании устанавливается нормативный ресурс безопасной эксплуатации, который может быть продлен на определенное время с учетом его фактического технического состояния, физического износа конструкций и оценки остаточного ресурса* [2].

Основная задача для обеспечения безопасной и долговечной эксплуатации скульптуры «Родина-мать зовет!» заключается в поддержании заложенного высокого уровня надежности всех ее конструкций на основе инструментального мониторинга и своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения напряженно-деформируемого состояния строительных конструкций и грунтов основания. При этом производится оценка надежности строительных конструкций и определение факторов и условий ее обеспечения,

* Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М. : ЦНИИПромзданий, 2001. 100 с.

в том числе с разработкой мероприятий по поддержанию эксплуатационных качеств, а также выявление степени физического износа конструкций с установлением обусловливающих его причин.

Результаты комплексного обследования главного монумента и его основания в 2010 г., натурных наблюдений 2011—2014 гг., мероприятий по обеспечению его эксплуатационной надежности в 2021 г.

В 2010 г. в соответствии с Заключением государственной комиссии, образованной по Приказу Министра культуры РФ от 09.02.2009 г. № 52, и разработанной на основании этого Заключения Комплексной целевой программы восстановления и оптимизации эксплуатационной надежности и долговременной безопасности главного монумента «Родина-мать зовет!» памятника-ансамбля «Героям Сталинградской битвы» на Мамаевом кургане ОАО «НИИЭС» выполнена научно-техническая работа и инженерно-техническое обследование строительных конструкций и основания главного монумента. По результатам этой работы выполнен технический отчет, в котором:

1. Обобщены, проанализированы и занесены в электронную базу результаты ранее проведенных обследований, наблюдений и ремонтов, в том числе по смещениям, осадкам и крену; состоянию наружной и внутренней поверхностей; напряженно-деформированному состоянию строительных конструкций; состоянию и натяжению канатов; вибрации меча; режиму подземных вод.

2. Проведено визуальное обследование внутренней и наружной поверхностей. Установлены соответствия существующих конструкций главного монумента имеющейся проектной документации, по которой выполнялось строительство.

3. Проведено инструментальное обследование бетона и арматуры (включая шурфовочные работы для детального обследования фундамента). Определено фактическое напряженно-деформированное состояние, выявлены дефекты и повреждения строительных конструкций главного монумента [3, 4].

4. Обследованы металлоконструкции меча с оценкой вибрации, состояния антикоррозийной окраски, усталостных явлений, состояния крепежа меча и эфеса с кулаком правой руки.

5. Проведены динамические тестовые испытания, включая определение динамических воздействий от проходящего рядом железнодорожного и автомобильного транспорта. Определены основные динамические характеристики главного монумента и его конструктивных элементов.

6. Исследована сейсмичность площадки строительства главного монумента с проведением детального и микросейсмического районирования, определены расчетные сейсмические воздействия.

7. Определены фактические нагрузки и эксплуатационные воздействия, обобщенные в каталоге нагрузок.

В июле — сентябре 2021 г. АО «Институт Гидропроект» были проведены очередные плановые работы по поддержанию эксплуатационной надежности, долговременной безопасности скульптуры «Родина-мать зовет!».

Программа 2021 г. включала следующие мероприятия:

- Проведение натурных наблюдений строительных конструкций внутренней и наружной поверхности главного монумента и меча. По результатам визуального обследования главного монумента установлено, что условия эксплуатации и уровень фактических эксплуатационных нагрузок соответствуют заложенным в проекте.

- Обследование элементов усиления (канатов). В 2017 г. была произведена замена канатов натяжения в секциях 1—3, в правой и левой руках. Всего было заменено 99 канатов из 117. Поверхность 116 канатов по всей их длине покрыта смазочным материалом для защиты от коррозии.
- Проверка натяжения канатной арматуры. Определение силы натяжения канатов производится косвенным методом по собственным частотам колебания канатов, измеренным пьезоэлектрическими акселерометрами типа ВС 110, суммарной силы натяжения канатов в пучке и каждого отдельного каната в допустимых пределах.
- Выполнение вибродинамических испытаний конструкций.
- Обследование технического состояния инженерных коммуникаций. По данным исследований, проведенных в III квартале 2021 г., контрольно-измерительная аппаратура находится в работоспособном состоянии. Электрические сети и средства связи (сигнальные кабели, кабели передачи данных, кабели питания) находятся в удовлетворительном состоянии. Техническое состояние главного монумента оценивается как работоспособное.
- Инженерно-геодезические наблюдения за деформациями, осадками и горизонтальными смещениями скульптуры «Родина-мать зовет!». Для измерения углов и горизонтальных проложений длин линий применялся электронный тахеометр Leica FlexLine TS07 (2″). Нивелирование выполняется цифровым нивелиром LEICA LS15 Наблюдения за плановыми смещениями каркасной сети выполнены в сентябре 2021 г. по программе измерений линейно-угловой сети 4-го класса. Сравнение результатов наблюдений за плановыми смещениями каркасной сети, выполненных в данной серии, с предыдущей серией показывает, что координаты реперов существенно не изменились.
- Инструментальные наблюдения за креном в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Горизонтальное смещение верхней точки головы главного монумента в I квартале 2021 г. составило 227 мм, во II квартале 2021 г. расчетная величина смещения 230 мм, в III квартале 2021 г. она составила 231 мм. Ситуация относительно серий наблюдений прошедшего года остается стабильной.
- Динамика температуры подземных вод. В пьезометрах майкопского водоносного горизонта, расположенных вблизи фундамента главного монумента, среднее значение температуры воды составило 13,2 °С. Температура подземных вод бучакского водоносного горизонта в исследуемый период составляла в среднем 12,9 °С. По принятой классификации подземные воды исследуемых водоносных горизонтов относятся к холодным.
- Наблюдения за химическим составом подземных вод (лабораторные работы) [5]. Из представленных результатов наблюдений III квартала 2021 г. за химическим составом подземных вод можно сделать следующий вывод. Показатели химического состава подземных вод, определяющие наличие в них агрессивности к бетонным и железобетонным конструкциям, остаются на прежнем уровне.

Далее приведены некоторые результаты проведенных исследований.

Контрольные динамические тестовые испытания (ДТИ) главного монумента

В настоящее время широкое применение получил метод неразрушающего контроля технического состояния сооружения в целом или его отдельных

конструктивных элементов, основанный на измерении динамических характеристик микроколебаний сооружения под воздействием микросейсмического фона и специальных ударных воздействий [6, 7].

Целью проведения контрольных ДТИ является определение динамических характеристик пространственных микроколебаний главного монумента и его конструкций, сопоставление их с результатами ДТИ 2010 г. и выявление «новых» повреждений строительных конструкций, т. е. после 2010 г.

Динамические характеристики колебаний конструкций интегрально отображают состояние сооружения и его отдельных элементов. При изменении со временем, под воздействием различных процессов, прочностных характеристик строительных материалов и конструкций сооружения обычно изменяются и его динамические характеристики. Если при проведении ДТИ сооружение имеет узкополосный спектр собственных частот, то можно сделать вывод о том, что целостность конструкции не нарушена. Но если спектр начинает «расползаться», это является признаком появления повреждений сооружения.

Методика проведения ДТИ

Динамические тестовые испытания заключаются в определении динамических характеристик пространственных колебаний сооружения под воздействием микросейсмического фона, характерного для исследуемого района и специального происхождения (возбуждение свободных колебаний элементов конструкции за счет удара по ним в соответствии с ГОСТ 30630.1.1-99). В качестве фона использовались микросейсмы природного (ветровые воздействия, пульсации атмосферного давления) и техногенного (проходящий железнодорожный и автомобильный транспорт, работа промышленных предприятий) происхождения. Продолжительность синхронных записей была принята равной 100 с, частота опроса (дискретизации) по каждому каналу — 300 Гц.

По полученным при проведении ДТИ записям рассчитываются параметры динамических характеристик микроколебаний в каждой точке измерения:

- значения частот собственных форм колебаний сооружения в целом и отдельных элементов конструкции, амплитудные спектры;
- статистические характеристики колебаний в каждой точке измерения;
- логарифмические декременты затухания (поглощения).

Измерительная аппаратура и программное обеспечение

Для проведения ДТИ главного монумента использовался измерительно-вычислительный комплекс MIC-200 производства ООО «НПП „Мера“». Комплекс представляет собой портативную ПЭВМ типа Notebook с крейтом для измерительных модулей. Основные технические характеристики комплекса MIC-200 : количество измерительных каналов — 12, разрядность АЦП — 16 бит, частота дискретизации — 300, 450, 600 или 1200 Гц, напряжение питания — 220 В или автономное от аккумуляторной батареи, масса — не более 3 кг.

Комплекс укомплектован сейсмоприемниками типа А16 производства ЗАО «Геоакустика». Трехкомпонентные пьезоэлектрические сейсмоприемники А16 позволяют регистрировать вертикальную (ось Z) и две горизонтальные (оси X и Y) компоненты проекции вектора виброускорения (до 5 м/с^2).

Визуальный контроль, наблюдение и выбор режимов для записи проводится с экрана компьютера.

Для обработки измерительной информации используется программный продукт WinПОС (ООО «НПП „Мера“»).

При проведении контрольных динамических тестовых испытаний главного монумента получены фактические динамические характеристики колебаний, амплитудные спектры которых приведены на рис. 3.

Контрольные ДТИ показали, что монумент в целом и консольные элементы в частности ведут себя как единая монолитная конструкция, т. е. состояние строительных конструкций монумента не изменилось по сравнению с 2010 г.

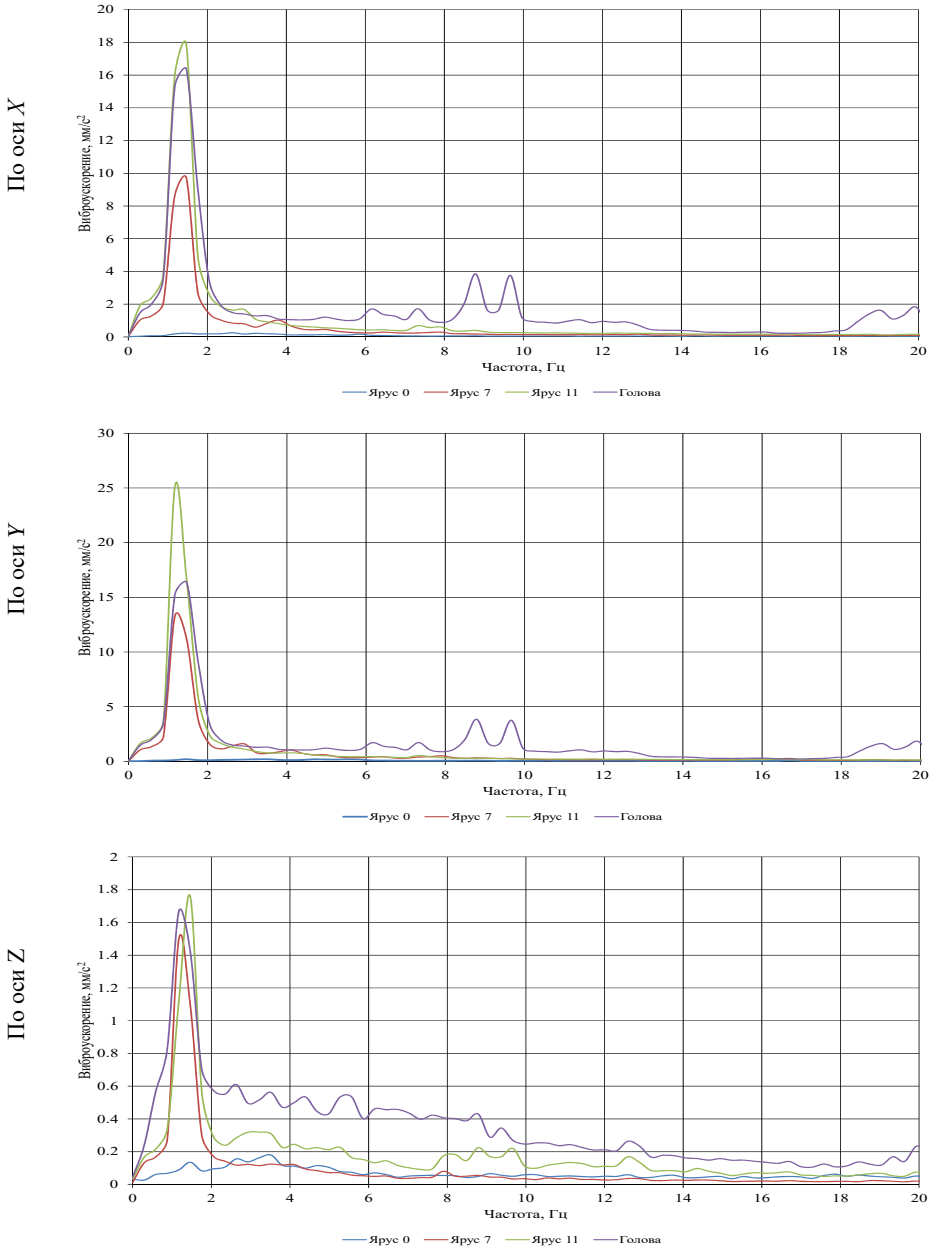


Рис. 3. Амплитудные спектры колебаний монумента на разных ярусах

Контрольные параметры колебаний меча

Частота собственных колебаний меча по малой и большой диагоналям его ромбического сечения, по данным измерений, проведенных в III квартале 2021 г., составила: по малой диагонали 1,44 Гц, по большой диагонали 1,77 Гц.

Из спектров, представленных на рис. 4, видно, что частоты собственных колебаний меча и руки при импульсном воздействии по большой и малой диагоналям близки по величине, нарушений в колебательной системе «меч — рука» нет, целостность конструкции не нарушена. Величины контрольных параметров находятся в пределах многолетних наблюдений, что указывает на стабильность жесткости и прочности системы «меч — рука» как строительной конструкции.

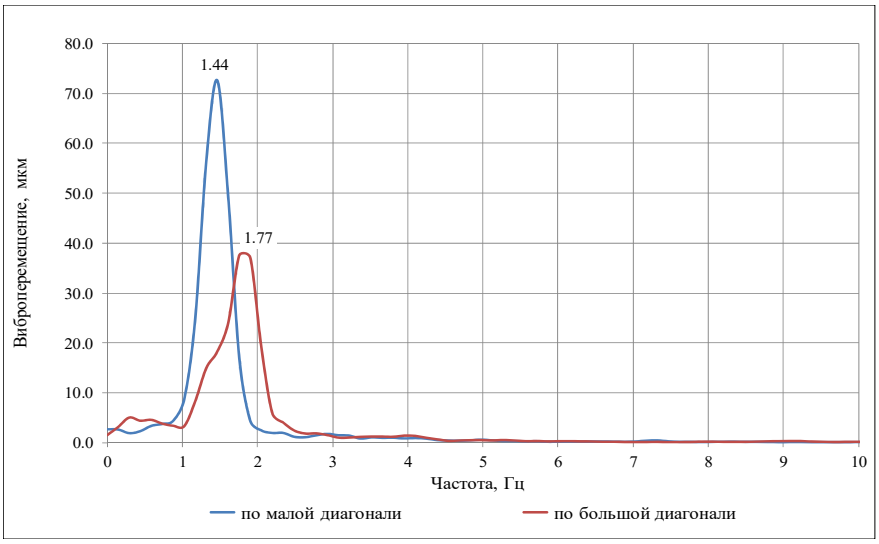


Рис. 4. Спектры колебаний верхушки меча по большой и малой диагоналям ромба (ветер З—Ю—З, 9 м/с, порывы до 13 м/с)

Контрольное инструментальное обследование железобетонных строительных конструкций главного монумента

Методика измерений инструментального обследования. Контрольное инструментальное обследование железобетонных конструкций включает:

- выбуривание и лабораторные испытания контрольных образцов бетона (кернов) с определением фактических прочностных и физико-механических характеристик бетона;
- неразрушающий контроль фактической прочности бетона механическими методами упругого отскока и отрыва со скалыванием;
- определение глубины карбонизации (оценка защитных свойств бетона) с помощью пробы фенолфталеина (однопроцентный спиртовой раствор) на свежем изломе бетона в местах отрыва со скалыванием;
- неразрушающий контроль фактической прочности и трещиноватости бетона ультразвуковым методом;
- неразрушающий контроль степени коррозии арматуры путем измерения потенциалов на поверхности бетона.

Результаты испытаний образцов из выбуренных кернов бетона. Фактические прочностные и физико-механические свойства бетона определены по результатам лабораторных испытаний образцов (кернов). Отобрано три пробы бетона (керны диаметром 100 и 150 мм, высотой до 405 мм) из железобетонных конструкций главного монумента. Общий вид кернов представлен на рис. 5.

Рис. 5. Вид керна и расколотого образца, отобранного из стены 5-го яруса, испытанного на водонепроницаемость

Все керны имеют одинаковую структуру, что говорит о применении бетонной смеси одного номинального состава. По результатам лабораторных испытаний установлено, что кубиковая прочность бетона составила 50,5 МПа, что соответствует классу бетона В35 или марке М450 при проектной марке М400.

Понижения марки бетона по водонепроницаемости по сравнению с данными 2010 г. нет: образцы взяты из разных зон конструкции с разной структурой бетона.

Результаты измерения прочности бетона неразрушающими методами. Контрольное измерение фактической прочности бетона железобетонных конструкций главного монумента неразрушающими методами (ультразвуковой метод и механические методы упругого отскока и отрыва со скалыванием) проведено на 34 участках стен; 23 участках оболочки; 20 участках консольных элементов. Общее количество измерений — 161.

Средняя фактическая прочность бетона стен составила 47,8 МПа, коэффициент вариации 1,7 %. Средняя фактическая прочность бетона оболочки составила 47,8 МПа, коэффициент вариации 2,3 %. Средняя фактическая прочность бетона консольных элементов составила 47,6 МПа, коэффициент вариации — 2,6 %. По результатам неразрушающего контроля класс В45 для стен получен в 98,5 % случаев, класс В30 — в 1,5 % случаев, для оболочки класс В45 получен в 97,8 % случаев, класс В30 — в 2,2 % случаев, для консольных элементов класс В35 получен в 97,5 % случаев, класс В30 — в 2,5 % случаев. Таким образом, фактическая прочность бетона в большинстве случаев превысила или соответствует проектной.

Инструментально подтверждено отсутствие зон с пониженной прочностью бетона, скрытых трещин и пустот в бетоне нет.

Из сопоставления результатов проведенного обследования с результатами 2010 г. следует, что прочность бетона на сжатие, а также плотность не

изменились. Это позволяет с высокой достоверностью предполагать неизменность остальных физико-механических и структурных характеристик бетона.

Результаты инструментальной оценки коррозии арматуры. Средняя глубина карбонизации бетона на момент обследования составляет 0…2 мм в невентилируемых и 12…14 мм в вентилируемых отсеках. Процесс карбонизации не представляет опасности для арматуры. К тому же кристаллизация аморфного карбоната кальция, образовавшегося в результате этого процесса, приводит к уменьшению общей пористости, что способствует некоторому уплотнению поверхностного слоя бетона и уменьшает водопоглощение и скорость проникновения двуокиси углерода вглубь бетона.

Выборочный неразрушающий контроль состояния стальной арматуры был проведен на четырех участках железобетонных конструкций. Результатом контроля являются эквипотенциальные карты коррозионной активности, на которых отображены потенциалы коррозии стержневой арматуры в бетоне. Показания потенциалов находятся в пределах –50…–300 мВт. Высокие показания потенциалов свидетельствуют об отсутствии коррозии и пассивном состоянии арматуры внутри бетонных конструкций с вероятностью 90 %. Коррозия на обнаженной арматуре распространяется в бетонный массив на глубину не более 5…10 мм, далее резко затухает. Достоверность измерений подтверждается контрольными вскрытиями арматуры и исследованиями защитных свойств бетона.

Контрольное георадарное обследование основания главного монумента. Обследование выполнено по всей доступной сканированию площади основания главного монумента с помощью георадара «Око 2М» с антенным блоком 150 МГц. Обработка и визуализация полученной в процессе зондирования информации выполнена в программном комплексе GeoScan32.

Георадарное обследование показало следующее:

- отсутствуют дефекты грунтового основания в виде локальных просадок и крупных полостей;
- грунты основания однородны по скорости распространения в них радиоволн, т. е. отсутствуют участки с пониженной плотностью грунта.

Результаты георадарного обследования подтверждают данные инженерно-геологических изысканий 2010 г.

Заключение

По результатам проведенного контрольного инженерно-технического обследования строительных конструкций главного монумента и его основания установлено отсутствие развития неблагоприятных явлений по сравнению с техническим состоянием главного монумента и его основания, зафиксированного в техническом отчете ОАО «НИИЭС» 2010 г. «Научно-исследовательские работы и инженерно-техническое обследование строительных конструкций и основания главного монумента „Родина-мать зовет!“ памятника-ансамбля „Героям Сталинградской битвы“ на Мамаевом кургане», а именно:

- Динамические тестовые испытания не выявили заметного изменения амплитудно-частотных характеристик вибрации отдельных конструкций и монумента в целом по сравнению с данными 2010 г. Монумент в целом и консольные элементы в частности ведут себя как единая монолитная конст-

рукция, т. е. состояние строительных конструкций монумента не изменилось по сравнению с 2010 г.

• По результатам инструментального обследования установлено, что за последние четыре года прочностные характеристики бетона и состояние арматуры не претерпели изменений. Это позволяет с высокой достоверностью предполагать неизменность остальных физико-механических и структурных характеристик бетона всех железобетонных элементов конструкции главного монумента по сравнению с 2010 г.

• Георадарное обследование основания показало отсутствие дефектов грунтового основания в виде локальных просадок и крупных полостей в грунте; грунты основания однородны по скорости распространения в них радиоволн, т. е. отсутствуют участки с пониженной плотностью грунта. Результаты георадарного обследования подтверждают данные инженерно-геологических изысканий, выполненных ПИИ «Гипроводстрой» при устройстве пьезометрической сети в 2010 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кузнецова С. В., Махова С. И., Степанова Е. А., Махов И. Д.* Анализ проблем инженерно-геологических изысканий на территории г. Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2019. Вып. 3(76). С. 32—40.

2. *Пшеничкина В. А., Сухина К. Н., Сухин К. А., Дубовский М. Е.* Анализ напряженно-деформированного состояния металлических подкрановых балок с учетом несоответствия реализованной конструктивной схемы // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. Вып. 1(78). С. 38—46.

3. *Кауфман А. Д., Костыря Г. З., Сулимов В. С., Штенгель В. Г.* Новые методы диагностики и ремонта бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2002. Т. 241. С. 108—119.

4. Способ определения физического состояния зданий и сооружений : пат. 2140625 Рос. Федерация / А. П. Кузьменко, В. Г. Барышев и др. // БИ. 1999. № 30.

5. *Алехин О. А.* Руководство по химическому анализу вод суши. Л. : Гидрометеоиздат, 1973. 269 с.

6. *Кузьменко А. П., Бортников П. Б., Сабуров В. С.* Контроль технического состояния бетонных плотин по динамическим характеристикам их колебаний // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2007. Т. 248. С. 64—76.

7. Оценка состояния конструкций здания машинного зала Саяно-Шушенской ГЭС по результатам динамических тестовых испытаний / А. П. Кузьменко и др. // Гидротехническое строительство. 2008. № 11. С. 44—51.

© Пшеничкина В. А., Марценюк О. В., Марценюк А. В., Короленя М. В., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Пшеничкина В. А., Марценюк О. В., Марценюк А. В., Короленя М. В. Обеспечение эксплуатационной надежности и долговременной безопасности скульптуры «Родина-мать зовет!» // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 27—38.

Об авторах:

Пшеничкина Валерия Александровна — д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; rap_hm@list.ru

Марценюк О. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Марценюк А. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Короленя М. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Valeriya A. Pshenichkina, O. V. Martsenyuk, A. V. Martsenyuk, M. V. Korolenya

Volgograd State Technical University

ENSURING OPERATIONAL RELIABILITY AND LONG-TERM SAFETY OF THE SCULPTURE “MOTHERLAND CALLS!”

The sculpture “Motherland calls!” of the Memorial Complex “Heroes of the Battle of Stalingrad” on Mamayev Kurgan is unique — it is a kind of fine art, an object of cultural heritage of federal significance. Unlike conventional buildings and structures for industrial and civil purposes, the main task of the operation of the sculpture “Motherland calls!” is to maintain the high level of reliability of all its structures laid down in the design and construction on the basis of instrumental monitoring and timely detection at an early stage of negative changes in the stress-strain state of building structures and foundation soils. The article discusses the practical measures carried out in the period 2010—2022 to ensure the safe and long-lasting operation of the sculpture “Motherland calls!”.

K e y w o r d s: the sculpture “Motherland calls!”, an object of federal property of Russia, reinforced concrete structures, safe and durable operation, comprehensive inspection, dynamic test tests.

For citation:

Pshenichkina V. A., Martsenyuk O. V., Martsenyuk A. V., Korolenya M. V. [Ensuring operational reliability and long-term safety of the sculpture “Motherland calls!”]. *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], 2022, iss. 3, pp. 27—38.

About authors:

Valeriya A. Pshenichkina — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; rap_hm@list.ru

O. V. Martsenyuk — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

A. V. Martsenyuk — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

M. V. Korolenya — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 656.11(470.45)

М. М. Девятов[а], И. М. Вилкова[б], Н. В. Сапожкова[а], А. А. Тисленко[а]

[а] Волгоградский государственный технический университет
[б] ООО «Аспект»

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДА (ВОЛГОГРАДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ) КАК ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В статье представлены концептуальные подходы к формированию дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной территории Волгограда (Волгоградской агломерации) как природно-технической системы с целью обеспечения безопасного и комфортного транспортного сообщения для жителей и гостей Волгограда с рекреационной зоной вдоль реки Волги.

Ключевые слова: дорожно-транспортная инфраструктура, прибрежная территория Волгограда, природно-техническая система, транспортно-пересадочные узлы, транспортно-рекреационные узлы.

В соответствии с Комплексной транспортной схемой Волгограда до 2025 г.[1] [1] и стратегией социально-экономического развития Волгограда до 2030 г., в части развития и модернизации единой транспортной системы города[2] [2], разработанной при активном участии специалистов ИАиС ВолгГТУ, сформированы основные стратегические направления и подходы к развитию и модернизации транспортной инфраструктуры прибрежной территории Волгограда (Волгоградской агломерации). Их разработка базируется на теоретических положениях системотехники, экосистемного подхода к инженерной деятельности и основ теории модернизации улично-дорожной сети муниципальных образований [3—5]. Для обоснования исходного принципа стратегии развития и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры Волгограда проанализирован опыт 11 городов мира [5]. В результате была построена двухвекторная модель сценариев развития транспортной системы крупного города или градостроительной агломерации, к которой относится агломерация «Большой Волгоград», идея которой закреплена в Генеральном плане Волгограда до 2025 г.[3] (рис. 1).

В этой модели первый вектор — это сбалансированная, интегрированная, интермодальная транспортная система. Второй вектор — это вектор автомобильного доминирования на основе максимального учета запросов легкового частного транспорта.

Сопоставление двух этих векторов развития показывает, что многие города, которые выбрали в 50—60-е гг. прошлого столетия вектор автомобильного доминирования, сделали очень многое для приспособления

[1] Комплексная транспортная схема Волгограда до 2025 г. Основные положения // Городские вести. 2015. 23, 26, 28, 30 мая.

[2] Об утверждении стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года : решение Волгоградской городской Думы от 25.01.2017 г. № 53/1539.

[3] Об утверждении Генерального плана Волгограда : решение Волгоградской городской Думы от 29.06.2007 г. № 47/1112.

транспортных систем города к растущему автомобильному парку и интенсивным транспортным потокам.

Поэтому с учетом мирового опыта для Волгограда целесообразен выбор в пользу вектора *сбалансированной интегрированной и интермодальной транспортной системы*, обладающей рядом преимуществ (рис. 1).

Рис. 1. Возможные сценарии развития и модернизации транспортной системы Волгограда в виде двухвекторной модели

При этом под *интегрированностью* понимают включение в транспортную систему, как в единый механизм, различных видов городского и пригородного транспорта, объединенных между собой транспортными узлами различного уровня.

Под *интермодальностью* понимают выполнение перевозок «от двери до двери» под ответственностью одного перевозчика, оплачиваемых по единому билету и единой сквозной ставке независимо от вида транспорта.

В соответствии с выбранным вектором сформирована многоцелевая, многоуровневая логическая модель развития и модернизации единой комплексной транспортной системы (ЕКТС) агломерации «Большой Волгоград». В соответствии с современными взглядами и на основе разработанных теоретических положений[4] [4, 5], а также с учетом зарубежного опыта [6—10] обоснована целесообразность рассмотрения ЕКТС как транспортной природно-технической системы (ТПТС). Для разработки и реализации конкретных сценариев развития, модернизации и управления этой системой как техносферной компонентой ТПТС сформирована многоцелевая, многоуровневая логическая модель развития и модернизации ЕКТС Волгограда на шести пространственно-временных иерархических уровнях, являющаяся основой для разработки транспортной стратегии «Большой Волгоград»

Дорожно-транспортную инфраструктуру прибрежной зоны Волгограда (Волгоградской агломерации) целесообразно выделить из общей системы (ЕКТС) в виде определенной подсистемы. Это необходимо для разработки современных дифференцированных требований к ее модернизации и разви-

[4] Там же.

тию с учетом особых условий и нормативов, а также преимуществ местоположения у крупной водной артерии для создания комфортной и безопасной среды обитания жителям города.

При этом предлагается определить в качестве главной цели природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда обеспечение безопасного и комфортного транспортного сообщения для жителей и гостей Волгограда с рекреационной зоной вдоль реки Волги через систему транспортно-рекреационных узлов, которые создаются на Нулевой продольной магистрали. Связь этих узлов между собой осуществляется водной артерией в виде Волги и отдельными участками (сегментами) Нулевой продольной магистрали, а также Первой продольной магистралью, обеспечивающей общую связь прибрежной зоны с УДС Волгоградской агломерации через систему специально ориентированных транспортно-пересадочных узлов (волгоориентированных).

Под волгоориентированным транспортно-пересадочным узлом УДС (ВТПУ УДС) предлагается понимать узлы на Первой продольной магистрали или вблизи нее, имеющие непосредственный выход в прибрежную зону Волги через транспортно-рекреационный узел.

Под транспортно-рекреационным узлом (ТРУ) понимается транспортный узел, расположенный непосредственно на Нулевой продольной магистрали, обеспечивающий жителям и гостям Волгограда взаимосвязи различного характера с объектами прибрежной зоны Волги.

Для такого рассмотрения необходимо обоснованное определение целевых установок, системы потребительских свойств, характеризующих достижение этих целевых установок, а также критериев и индикаторов их оценки с учетом современных требований и тенденций развития транспортной инфраструктуры страны и градостроительных агломераций[5] [11—13].

В транспортной стратегии «Большой Волгоград» развитию транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда определено свое место на каждом из соответствующих уровней этой сложной системы.

Цель уровня № 1. Вывод на современный уровень внешних транспортных связей для удобной, быстрой и всеобъемлющей интеграции с федеральной транспортной сетью.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения следующих задач:

- завершение строительства поперечного автодорожного диаметра с мостовым переходом через Волгу в центре Волгограда;
- развитие пассажирского речного вокзала Волгограда;
- развитие грузового речного порта (транспортно-логистический терминал) Татьянка;
- создание Волжско-Волгоградского полимодального транспортного терминала международного значения в Волжском (альтернатива речного порта Татьянка) [14].

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

10 принципов «правильного» города. URL: https://journal.n1.ru/articles/kak-urbanistika-uluchshaet-zhizn-gorozhan.

Цель уровня № 2. Развитие и совершенствование внутриагломерационных связей Волгограда для повышения скорости, безопасности и обеспечения возможности дублирования способов перемещения между районами города.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения следующих задач:

- строительство новой Нулевой продольной магистрали вдоль берега Волги (начато в 2016 г.);
- завершение строительства поперечного автодорожного диаметра с мостовым переходом через Волгу в центре Волгограда;
- железнодорожный диаметр с девятью ТПУ и подъездом к аэропорту;
- речной диаметр с пристанями для пассажирских и туристических перевозок.

Цель уровня № 3. Перераспределение и совершенствование внутрирайонных поперечных и продольных перемещений (сбор) для объединения всех видов общественного транспорта в единую транспортную систему и снижения уровня загрузки общегородских продольных магистралей.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения следующих задач:

- создание системы «подвозящих» поперечных транспортных связей к ТПУ;
- устройство многоуровневых развязок и ТПУ на основных магистралях города — транспортных диаметрах, объединяющих в себе все виды транспорта в ЕКТС города;
- устройство транспортно-пересадочных узлов, специально ориентированных на создание связей с прибрежной зоной Волги и Нулевой продольной магистралью.

Цель уровня № 4. Обеспечение безопасного и удобного доступа к местам притяжения.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения следующих задач:

- переустройство подъездов к местам притяжения с применением системы мер по модернизации мест повышенной опасности путем применения мер по «успокоению» движения (искусственные неровности проезжей части, малые кольцевые пересечения, искусственные препятствия, изменяющие траекторию движения);
- формирование системы современных парковок и стоянок транспортных средств.
- модернизация конструктивных элементов дорожных объектов путем разработки и внедрения современных решений по повышению безопасности движения пешеходов, велосипедистов, маломобильных участников движения;
- обоснованное формирование сети транспортных и прогулочных велосипедных дорожек;
- создание системы транспортно-рекреационных узлов на Нулевой продольной магистрали.

Цель уровня № 5. Современное управление движением и состоянием УДС и искусственных сооружений, ее дорожных объектов, конструктивных элементов поперечных профилей ДО УДС в сочетании с мерами по ограничению использования личного и грузового транспорта.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения задачи по созданию единого центра управления движением с использованием:

- спутниковых навигационных систем;
- систем управления общественным транспортом с предоставлением ему условий приоритетного скоростного, регламентированного движения;
- наземных телекоммуникационных систем, включающих в себя светофоры с системами видеонаблюдения и видеофиксации, оценки режимов движения и др.;
- систем датчиков погодных условий, состояния покрытия, объединенных с системой управления состоянием автомобильных дорог;
- систем оповещения служб МЧС и скорой помощи.

Цель уровня № 6. Развитие и организационно-техническое объединение общественного транспорта в единую городскую систему.

Цель для прибрежной зоны будет достигнута в результате решения следующих задач:

- создание единой системы городского общественного транспорта на базе линии скоростного трамвая (метротрама) и электрички с подъездами к пристаням речного транспортного диаметра;
- формирование системы «подвозящих» маршрутов с автобусами разной вместимости к ТПУ, станциям метротрама, электрички и пристаням;
- объединение общественного пассажирского транспорта в единый транспортный союз с целью регулирования вопросов расписания движения, тарифной политики, формирования единого информационного поля для пассажиров через единую автоматизированную систему управления движением.

Таким образом, сформирована прибрежная транспортная подсистема ЕКТС «Большой Волгоград», или природно-техническая система дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда (ПТС ДТИ ПЗ Волгограда). В общем виде она представлена планом-схемой, которая включает в себя основные опорные транспортно-пересадочные и транспортные узлы, а также наиболее крупные объекты притяжения (рис. 2).

В соответствии с разработанными принципами экосистемного подхода к инженерной деятельности (ЭПИД) и основами теории модернизации улично-дорожной сети муниципальных образований [4, 5] эта подсистема представляет собой и может описываться как ПТС ДТИ ПЗ Волгограда. Для описания, исследования и разработки ее модернизации и долгосрочного устойчивого развития как высокоэффективной, технологически, социально и экологически безопасной природно-технической системы необходимо сформировать систему целевых, критериальных и оценочных показателей ПТС ДТИ ПЗ Волгограда.

Это связано с тем, что целевое и функциональное назначение подсистемы имеет определенные особенности, возникающие в результате тесной взаимосвязи с крупной речной артерией России и ее прибрежной зоной. Способы учета этих особенностей сформулированы в целевых установках для формирования природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда (ПТС), а также в *базовой модели* для установления требований к компонентам системы и ее потребительским свойствам. Они изложены ниже.

Рис. 2. План-схема природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда, включающая в себя основные волгоориентированные транспортно-пересадочные и транспортно-рекреационные узлы, наиболее крупные объекты притяжения

Основная (главная, стратегическая) цель — формирование технологически, экологически и информационно-эстетически эффективной и безопасной природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда, отвечающей зонированным (в зависимости от характеристик дорожно-транспортной инфраструктуры и придорожного пространства) требованиям к потребительским свойствам санаторно-курортных зон, зон отдыха, спортивных и культурно-развлекательных объектов, транспортно-пересадочных узлов и других объектов притяжения, с поэтапным (2025, 2030, 2035 г.) выводом потребительских свойств ПТС ДТИ ПЗ Волгограда до стандартов высокого уровня.

Главная цель системы технологических потребительских свойств ПТС ДТИ ПЗ Волгограда — безопасное, качественное и удобное транспортное сообщение от транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), обеспечивающих внутреннее эффективное взаимодействие различных видов транспорта, до пунктов притяжения в прибрежной зоне, с преимущественным использованием экологически безопасного общественного транспорта и разумным, обоснованным применением других видов экологически безопасного транспорта с взаимной увязкой с общественным транспортом.

$Ц_1$ — безопасность движения для всех участников транспортного процесса.

$Ц_2$ — высокое качество транспортного процесса для общественного транспорта.

$Ц_3$ — высокое качество транспортного процесса для прочего автомобильного движения.

$Ц_4$ — высокое качество транспортного процесса для пешеходного движения.

$Ц_5$ — высокое качество транспортного процесса для велосипедного движения.

$Ц_6$ — возможность подъезда к прилегающим к дороге объектам и территориям.

Главная цель системы экологических потребительских свойств ПТС ДТИ ПЗ Волгограда — обеспечение благоприятного состояния окружающей природной и социальной среды в зоне влияния ПТС ДТИ ПЗ Волгограда, сохранение естественных экологических систем и природных ресурсов на придорожных территориях для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, реализации прав каждого человека на благоприятную окружающую среду и обеспечение экологической устойчивости и безопасности.

$Ц_7$ — минимизация воздействия на окружающую среду, выражающегося в шумовом воздействии, загрязнении воздушной среды и почвы, а также вибрационном воздействии на прилегающие здания и сооружения.

$Ц_8$ — социальная совместимость обеспечивается за счет разделения придорожного пространства для использования пешеходами, велосипедистами, людьми с ограниченными возможностями (по слуху, зрению, передвижению — в инвалидных колясках) и т. д.

$Ц_9$ — оптимизация занимаемых территорий.

$Ц_{10}$ — обеспечение хорошего микроклимата в прилегающей к дороге зоне.

Главная цель системы информационно-эстетических потребительских свойств ПТС ДТИ ПЗ Волгограда направлена на обеспечение эффективности и безопасности движения через визуально-информационное, ориентирующее,

мировоззренческое, эмоциональное воздействие путем обоснованного создания рационально зонированной (в зависимости от характеристик дорожно-транспортной инфраструктуры и придорожного пространства) информационной среды, обеспечивающей целенаправленное воздействие на водителей транспортных средств и других участников всех видов движения в прибрежной зоне Волгограда.

Целевые установки ИЭПС:

$Ц_{11}$ — визуально-информационное воздействие на участников движения (и других пользователей), которое заключается в передаче информации для водителя об условиях движения, предоставлении пользователям придорожного пространства необходимой информации, информировании пассажиров о расписании движения общественного транспорта и др.

$Ц_{12}$ — визуально-ориентирующее воздействие, представляющее собой воздействие через определенную конфигурацию пространства, окружающего автомобильную дорогу, и других способов (разметка, знаки, элементы обустройства) и вызывающее у водителя ощущение необходимости вполне определенного поведения в виде конкретных действий в процессе перемещения в дорожном пространстве;

$Ц_{13}$ — мировоззренческое воздействие через придание своеобразия придорожной зоне.

$Ц_{14}$ — мировоззренческое воздействие через создание привлекательного и красивого образа дороги и придорожной зоны.

$Ц_{15}$ — эмоционально-подсознательное воздействие через создание высокоэффективной рекламы безопасности дорожного движения, имеющей подсознательное воздействие на поведение водителей и размещаемой в местах повышенной опасности.

В качестве *базовой модели* для установления требований к компонентам системы и ее потребительским свойствам предлагается следующая логическая модель ПТС ДТИ ПЗ Волгограда. Исходя из целевых установок в ней определены:

- *участники транспортно-технологических процессов* (УТТП) (водители общественного и грузового технологического транспорта, обслуживающего инфраструктуру прибрежной зоны, индивидуальных легковых автомобилей; велосипедисты и пользователи других индивидуальных мобильных средств передвижения; пешеходы, маломобильные граждане);
- *транспортно-технологические средства* (ТТС) (экологически безопасный массовый и индивидуальный общественный транспорт (электро-, газо-, био- и др.); легковые экологически безопасные автомобили; велосипеды и другие индивидуальные мобильные средства передвижения; средства передвижения маломобильных граждан; грузовой экологически безопасный технологический транспорт, обслуживающий инфраструктуру прибрежной зоны; специальный транспорт);
- *транспортное пространство инфраструктуры* (ТПИ), учитывающее функциональную классификацию «связь — сбор — доступ», — ТПУ; участки дорог без правоповоротных въездов в одном уровне, обеспечивающие связь ТПУ с прибрежной Нулевой продольной магистралью или другими участками прибрежной транспортной инфраструктуры; участки дорог со значительным количеством примыканий с элементами успокоения движения (сбор); на перечисленных участках жестко регламентированное и принудительно обеспечиваемое зональное ограничение скорости 60, 40, 30, 20 км/ч.

Парковочное пространство, включающее в себя парковки для прокатных автомобилей и велосипедов; организованные места для остановки (разгрузка, погрузка и др.) технологического транспорта;

- *социально-экономическая* (население Волгограда, пользователи объектов тяготения), *экологическая* (акватория Волги, ее водные и биоресурсы; прибрежная воздушная, природная, парковая и другая среда; зоны и объекты отдыха и здоровья) *и информационно-эстетическая* (проезжая часть, технические средства организации дорожного движения, плоскости и пространства для размещения средств информационно-эстетического воздействия) *среда* (СЭиИЭС).

В соответствии с разработанными теоретическими положениями экосистемного подхода и основ теории модернизации [4, 5] для обеспечения высокой эффективности и результативности мероприятий по модернизации и развитию дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны предлагается использовать современную логическую модель. Эта модель включает в себя систему принципиальных подходов к обоснованию технических решений по модернизации и развитию прибрежной транспортной инфраструктуры, направленных на достижение высокой результативности через новизну решений, применение принципов природно-технической совместимости, саморегулирования потребительских свойств и гибкое регулируемое нормирование параметров потребительских свойств (рис. 3).

Рис. 3. Современная логическая базовая модель принципиальных подходов к обоснованию технических решений по модернизации и развитию прибрежной транспортной инфраструктуры, направленных на достижение высокой результативности через новизну решений, применение принципов саморегулирования потребительских свойств и гибкое регулируемое нормирование параметров потребительских свойств

В качестве примеров разработаны:

- рекомендации по совершенствованию проектирования элементов Нулевой продольной магистрали для принудительного воздействия на режимы и траектории движения транспортных средств. Эти рекомендации учитывают результаты анализа аварийности и конфликтных ситуаций на введенных в строй отдельных участках магистрали, в процессе их эксплуатации (описаны в отдельной статье);
- примерная схема природно-технической системы ориенированного на Волгу транспортно-пересадочного узла «Спартановка», транспортно-рекреационного узла Нулевой продольной магистрали «Прибрежная Спартановка» и прилегающей технологической, природной, рекреационной среды и взаимосвязей в этой системе (рис. 4).

Детальная проработка компонентов и эффективных взаимосвязей, представленных на примерной схеме (см. рис. 4), выполняется в соответствии описанной выше логической базовой моделью (см. рис. 4) и с учетом следующих понятий.

Рис. 4. Примерная схема взаимосвязей в природно-технической системе транспортно-пересадочного узла «Спартановка», транспортно-рекреационного узла Нулевой продольной магистрали «Прибрежная Спартановка» и прилегающей технологической, природной и рекреационной среды

Волгоориентированные транспортно-пересадочные (ВТПУ) узлы УДС должны обеспечивать и иметь в своем составе: транспортную связь с ТПУ, имеющими выход на федеральные транспортные сети (автомобильные, железнодорожные, авиа, водные); транспортную связь со всеми волгоориентированными ТПУ; информационную базу о системе разнообразных услуг в прибрежной зоне Волги.

Транспортно-рекреационные узлы (ТРУ) должны иметь в своем составе: остановку общественного экологически безопасного транспорта; при-

стань; пункт проката и парковки велосипедов и др., электромобилей, в том числе для маломобильных граждан; досугово-туристический центр с пунктом питания.

Конкретные требования ко всем элементам рассматриваемой ПТС обосновываются с учетом целевых установок для формирования природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда (ПТС), а также в *базовой модели* для установления требований к компонентам системы и ее потребительским свойствам.

На основе использования этой системы обеспечивается эффективная природно-техническая и технологическая совместимость УДС урбанизированных территорий и природно-технической системы «Нулевая продольная магистраль» через обеспечение функциональных, эффективных взаимосвязей ТПУ УДС и ТРУ Нулевой продольной магистрали, ориентированных на взаимосвязи магистрали с прилегающей технологической, природной, рекреационной и культурно-развлекательной средой.

Таким образом, сформулированы основные подходы к формированию природно-технической системы дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда с использованием методов системотехники, экосистемного подхода и основ теории модернизации улично-дорожной сети муниципальных образований.

Выводы

1. Сформированы основные подходы к обоснованию требований (потребительских свойств) к модернизации и развитию дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной зоны Волгограда как природно-технической системы.

2. Обосновано формирование многоуровневой, многоцелевой ПТС ДТИ ПЗ Волгограда путем ее выделения из единой комплексной транспортной системы агломерации «Большой Волгоград» для разработки современных дифференцированных требований к ее модернизации и развитию, учитывающих особые преимущества местоположения у крупной водной артерии в создании комфортной и безопасной среды обитания для жителей города.

3. Установлен перечень основных опорных узловых пунктов ПТС ДТИ ПЗ Волгограда, разработана схема их расположения и зон взаимного влияния.

4. Обоснованы и сформулированы целевые установки для обоснованного и целенаправленного формирования системы технологических, экологических и информационно-эстетических ПТС ДТИ ПЗ Волгограда.

5. Разработана базовая логическая модель ПТС ДТИ ПЗ Волгограда.

6. Сформулированные требования к компонентам базовой логической модели ПТС ДТИ ПЗ Волгограда позволят обоснованно определять и устанавливать нормативные и эталонные требования к потребительским свойствам этой системы.

7. Предложенные общие принципиальные подходы к обоснованию технических решений по модернизации и развитию прибрежной транспортной инфраструктуры направлены на достижение высокой результативности через новизну решений, применение принципов саморегулирования потребительских свойств и гибкое регулируемое нормирование параметров потребительских свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Девятов М. М., Алексиков С. В., Вилкова И. М.* Комплексная транспортная схема г. Волгограда: идеи, цели, задачи // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2007. Вып. 8(27). С. 63—67.

2. *Девятов М. М., Вилкова И. М.* О стратегии развития и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры города в рамках стратегии социально-экономического развития Волгограда до 2030 года // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2017. Вып. 47(66). С. 203—219.

3. Прикладные проблемы системотехники / А. В. Ильичев, В. С. Петровский, В. И. Болысов и др. ; под ред. А. В. Ильичева. М. : Машиностроение, 1995. 240 с.

4. *Цернант А. А.* Экосистемный подход к инженерно-строительной деятельности (транспортное строительство) // Сб. тр. ЦНИИС. Философия транспортного стр-ва. № 255. С. 5—28.

5. *Девятов М. М., Вилкова И. М., Сапожкова Н. В.* Основы теории модернизации улично-дорожной сети муниципальных образований : моногр. Волгоград : ВолгГТУ, 2021. 227 с.

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

7. *Homfeld W.* Verkehrsberuhigung in Berlin (West): Dokumentation und Analyse. Berlin : Reimer, 1984.

8. *Müller P.* Konzepte flächenhafter Verkehrsberuhigung in 16 Städten. Fachgebiet Verkehrswesen, UNI Kaiserslautern; Umweltbundesamt, 1992.

9. *Prinz D.* Gestaltung von Strassen und Strassenräumen.Städtebau, Band 2, Städtebauliches Gestalten. Kohlhammer/Architektur. 6. Aufgabe, 1997.

10. Wiener Verkehrs Konzept Verkehrskonzept Wien Generelles Massnahmenprogramm, Betraege zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung Heft 9, Band 52.

11. *Трофименко Ю. В., Карев С. В.* Экологическая политика в дорожной отрасли до 2035 г.: целевые ориентиры и пути их достижения // Наука и техника в дорожной отрасли. 2021. № 2(96). С. 1—6.

12. Велосипедный транспорт в городах / Ю. В.Трофименко и др. М. : МАДИ, 2020. 154 с.

13. *Чернявская О. С.* Город, как коммуникативное пространство. URL: https://nnov.hse.ru/data/2012/10/25/1245778687.

14. *Воронин И. Н., Девятов М. М., Алексиков С. В.* Концепция создания Волжско-Волгоградского полимодального транспортного терминала международного значения // Стратегия развития архитектурно-строительной отрасли и ЖКХ, внедрение в практику наукоемких и инновационных технологий : материалы науч.-практ. конф., Волгоград, 9—10 июня 2003 г. Волгоград : ВолгГАСА, 2003. С. 195—197.

© Девятов М. М., Вилкова И. М., Сапожкова Н. В., Тисленко А. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Девятов М. М., Вилкова И. М., Сапожкова Н. В., Тисленко А. А. Концептуальные подходы к формированию дорожно-транспортной инфраструктуры прибрежной территории Волгограда (Волгоградской агломерации) как природно-технической системы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 39—51.

Об авторах:

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

Вилкова Ирина Михайловна — канд. экон. наук, начальник производственного отдела, ООО «Аспект». Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Огарева, 1-113; imvilkova@yandex.ru

Сапожкова Наталья Васильевна — канд. техн. наук, доц. кафедры строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; sapozhkovanv@rambler.ru

Тисленко Анастасия Андреевна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ameriell@inbox.ru

Mikhail M. Devyatov[a], Irina M. Vilkova[b], Natal'ya V. Sapozhkova[a], Anastasiya A. Tislenko[a]

[a] Volgograd State Technical University
[b] LLC "Aspect"

CONCEPTUAL APPROACHES TO THE FORMATION OF THE ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE COASTAL TERRITORY OF VOLGOGRAD (VOLGOGRAD AGGLOMERATION) AS A NATURAL AND TECHNICAL SYSTEM

The article presents conceptual approaches to the formation of road transport infrastructure of the coastal territory of Volgograd (Volgograd agglomeration), as a natural and technical system, in order to ensure safe and comfortable transport links for residents and guests of the Volga city with a recreational area along the Volga River.

K e y w o r d s: road transport infrastructure, the coastal territory of Volgograd, the natural and technical system, transport and transfer hubs, transport and recreational hubs.

For citation:

Devyatov M. M., Vilkova I. M., Sapozhkova N. V., Tislenko A. A. [Conceptual approaches to the formation of the road transport infrastructure of the coastal territory of Volgograd (Volgograd agglomeration) as a natural and technical system]. *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], 2022, iss. 3, pp. 39—51.

About authors:

Mikhail M. Devyatov — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; info@vgasu.ru

Irina M. Vilkova — Candidate of Engineering Sciences, the Head of the Production and Technical Department, Aspect LLC. 1, Ogareva st., Volgograd, 400074, Russian Federation, imvilkova@yandex.ru

Natal'ya V. Sapozhkova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sapozhkovanv@rambler.ru

Anastasiya A. Tislenko — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ameriell@inbox.ru

УДК 620.193.8

Г. М. Ахмедова[а], А. М. Ахмедов[а], А. М. Ахмедов[а], М. Е. Бажанова[а], М. М. Зоткина[а], Е. А. Захарова[б]

[а] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева

[б] Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

СТОЙКОСТЬ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СРЕД

В статье приводятся результаты исследования стойкости металлических трубопроводных материалов в условиях умеренного климата Республики Мордовия. Образцы из трубопроводных материалов выдерживались в воздушной среде более года. В ходе исследований был установлен видовой состав микроорганизмов, заселившихся на образцах за время испытаний, а также были проведены их испытания на твердость. Предложен вариант защиты металлических поверхностей от воздействия микроорганизмов полимерными покрытиями. Результаты исследований могут быть использованы при оценке климатической стойкости трубопроводных материалов и разработке мероприятий по их защите.

Ключевые слова: металлические материалы, трубопроводы, погодно-климатические условия, твердость, биоповреждение, мицелиальные грибы, полимерные покрытия.

Задача расчета и прогноза строительных конструкций на заданный срок службы может быть решена только при исследовании сложных процессов, протекающих между материалом конструкций и окружающей средой. Степень коррозионных разрушений строительных материалов и конструкций в эксплуатируемых зданиях и сооружениях определяется уровнем циклически действующих положительных и отрицательных температур, ультрафиолетового облучения, переменной влажности и других факторов окружающей среды.

Нарушение структуры материалов происходит не только под влиянием внешних факторов, но и под воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, поселившихся на материалах и изделиях. Микроорганизмы, благодаря большому разнообразию ферментов, способны разрушать органические и неорганические материалы. Во многих случаях процессы биоразрушения зданий и сооружений становятся определяющими.

Решение проблем, связанных с повышением долговечности материалов и изделий, конструкций и оборудования, эксплуатирующихся в условиях различных климатических факторов, со снижением опасности и интенсивности биологических загрязнений, защитой зданий и сооружений от переменных влажности и температур, ультрафиолетового излучения, является чрезвычайно важной задачей. Исследование биоразрушения строительных материалов и конструкций и их защита от биологической агрессии имеют научно-практическое значение. В научной литературе отмечается, что деструкции мицелиальными грибами, бактериями, актиномицетами подвергается большинство строительных материалов. При этом наибольшей деструктивной способностью обладают микроскопические грибы, активность которых обусловлена наличием активного ферментативного комплекса. Одним из опре-

деляющих факторов активности ферментов является температура. С повышением температуры повышается скорость ферментативной реакции, но до определенного предела. При очень высоких температурах может произойти разрушение активного фермента, реакция прекращается. Клетки микроорганизмов синтезируют огромное число ферментов (оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы и т. д.), которые, расщепляя углеводороды, нефть, парафины, белки, жиры и т. д., помогают их питанию, развитию и размножению. Ферменты принимают большое участие в метаболизме микроорганизмов. В результате метаболизма бактерий, плесневых грибов, актиномицетов и т. д. происходит создание коррозионно-агрессивных сред, что приводит к разрушениям конструкций, аварийным ситуациям, изменению микроклимата в зданиях, вызывающего у человека тяжелые хронические заболевания.

Актуальность и значимость исследований

Решение проблем, связанных с повышением долговечности материалов и изделий, конструкций и оборудования, эксплуатирующихся в условиях различных климатических факторов (переменная влажность, ультрафиолетовое облучение) и интенсивности биологических загрязнений, является чрезвычайно важной задачей.

Биологическая стойкость строительных материалов и изделий является одним из определяющих факторов надежности и долговечности зданий и сооружений с биологически активными средами. Налицо важнейшая проблема изыскания путей повышения биологического сопротивления и биологической долговечности конкретных материалов и конструкций, образующих здания и сооружения. В этом аспекте актуальна задача изучения биологической коррозии и сопротивления бетонных, металлических и других конструкций и наносимых по ним защитных покрытий.

Биоповреждения вызываются макроорганизмами — животными, птицами, насекомыми, высшими растениями и микроорганизмами — бактериями, грибами, актиномицетами. При этом установлено, что более 40 % общего объема биоповреждений связано с деятельностью микроорганизмов. Учтенные потери от биокоррозии только по 14 наиболее развитым странам Европы и Северной Америки достигают не менее 2 % от стоимости произведенной совокупной продукции, что составляет десятки миллиардов долларов ежегодно [1—3]. Поражаемость наиболее значительна в географических зонах с относительно высокой температурой воздуха, повышенной влажностью, обилием органической пыли (тропики и субтропики).

Микроорганизмы, как правило, заселяют поверхности субстратов из-за оседания пылевидных частиц, которые содержат споры и органические соединения [1—4]. Необходимо отметить, что при заселении поверхности важной является способность микроорганизмов к адгезии. Для различных клеток характерно несколько видов адгезии: неспецифическая, временная и специфическая. На поверхности материалов споры удерживаются межмолекулярными силами взаимодействия, водородными связями, гидрофобными, эфирными и т. д. Определенное расстояние между молекулами гарантирует устойчивую систему, так как силы притяжения и отталкивания уравновешивают друг друга. Силы водородной связи зависят от электроотрицательности связываемых ею атомов. Гидрофобные взаимодействия происходят в различных биологических процессах: это конформационные изменения

белков, связывание субстратов с ферментами, стабилизация белков в водных растворах. Не менее важны для связывания клетки с поверхностью субстрата эфирные, катионно-мостиковые, амидные и другие связи. Высокие адгезивные свойства микроорганизмов способствуют развитию, делению клеток, более быстрому накоплению биомассы. В литературе также отмечается, что размножение вегетативных клеток происходит по истечении определенного времени, так как для лучшего усвоения веществ им необходимо снизить потенциал среды до оптимального уровня, выделяя в среду гидролитические элементы [4—7]. Первичное внедрение плесневых грибов происходит за счет прорастания спор и роста мицелия. Накопление биомассы сопровождается выделением в среду продуктов метаболизма. Концентрация их прямо пропорциональна биомассе. В результате метаболизма мицелиальные грибы выделяют в среду органические кислоты, а также ферменты, которые разрушающе действуют на материалы подземных и наземных конструкции [2, 3, 8—14].

Жизнедеятельность микроскопических организмов наиболее активна при благоприятных условиях их развития: высокой влажности, определенных температуре, давлении, кислотности и т. д. Экологические особенности развития органотрофных организмов связаны со средой обитания в регионе, где происходит экспозиция исследуемых образцов [15—19].

Трубопроводные материалы, используемые для транспортирования жидких, газообразных и других веществ, подвержены во время эксплуатации воздействию различных климатических факторов [1, 3, 8—10, 20, 21]. Положительные и отрицательные температуры, постоянная и переменная влажность способствуют усилению биоповреждений материалов и конструкций, эксплуатирующихся как в условиях открытых площадок, так и в подземном пространстве. Коррозия металлов под действием микроорганизмов — это биоэлектрохимический процесс. Органические и неорганические кислоты, образующиеся в результате жизнедеятельности микроорганизмов, воздействуют непосредственно на металлы, инициируют или стимулируют электрохимические процессы коррозии [1—4, 22, 23]. Поселившиеся колонии микроорганизмов повреждают поверхности трубопроводов начиная с небольших участков; это обусловлено тем, что небольшие скопления клеток в начальной стадии образуют микрозоны, в которых концентрация питательных веществ минимальна, а концентрация продуктов обмена повышена.

К настоящему времени разработаны долговечные материалы на основе различных композиционных материалов, изготавливаемые с применением неорганических и органических связующих [18, 19, 24—31]. Экономическая целесообразность их применения установлена испытаниями в лабораторных и натурных условиях [32—36]. Несмотря на то, что в литературе содержится большое количество работ в области климатической стойкости, биоповреждения и биозащиты конструкций зданий и сооружений, достаточно мало сведений, касающихся исследования стойкости трубопроводных материалов в различных климатических условиях, в том числе в зоне умеренного климата. Изучение биологической коррозии необходимо для создания безопасных условий труда людей, а также поможет избежать аварийных ситуаций в промышленности, повысит экономическое обеспечение населения.

Цель работы состояла в исследовании стойкости трубопроводных материалов в условиях воздействия факторов умеренного климата.

Задачи исследования:

1. Выявить факторы окружающей среды умеренного климата, способствующие негативному воздействию на свойства трубопроводных материалов.

2. Показать роль биологического фактора при повреждении строительных материалов в условиях переменных температур и влажности, ультрафиолетового облучения.

3. Установить состав микроорганизмов, заселившихся на металлических трубопроводных материалах при выдерживании образцов в условиях воздушной среды под открытым небом и под навесом.

4. Определить влияние климатических факторов окружающей среды на физико-механические свойства металлических трубопроводных материалов.

5. Оценить стойкость полимерных защитных покрытий по металлическим поверхностям в среде мицелиальных грибов.

Материалы и методы

Исследуемые материалы: трубы марки Ст3сп, диаметр 50 мм, производитель Jouybar Lule Kian (Иран, провинция Мазандаран).

Сплав Ст3 — конструкционная углеродистая сталь обыкновенного качества, самый распространенный сплав, применяемый в строительстве. Процентное содержание углерода — 0,14…0,22 % — определяет физико-механические свойства стали, твердость, пластичность, показатели свариваемости. Спокойная сталь за счет однородной структуры пластичнее и более устойчива к коррозии. Из спокойной стали производят лист, уголок, арматуру и другой металлопрокат, который используют для изготовления трубопроводной арматуры, труб, фасонных изделий и других ответственных конструкций, работающих при низких температурах и динамических нагрузках.

Исследуемые образцы труб (куски длиной 20 мм) выдерживались в Рузаевском районе Мордовии с декабря 2019 г. по август 2021 г. в воздушной среде на открытой площадке и под навесом. Минимальная температура в декабре 2019 г. составила –11 °С, максимальная +2 °С (архив погоды РМ).

С помощью твердомера определили твердость на поверхности образцов, выдержанных в средах, и провели сравнение полученных образцов с аналогичными образцами контрольных прототипов, хранившихся в комнатных условиях. В лаборатории микробиологических исследований Национального исследовательского Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского был определен видовой состав микроорганизмов, поселившихся на испытуемых образцах за этот период.

В качестве защитных антикоррозионных покрытий исследовались полимерные композиционные материалы на эпоксидном связующем следующих составов:

1) эпоксидно-диановая смола марки ЭД-20 — 100 мас. ч, отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА) — 10 мас. ч;

2) эпоксидно-диановая смола марки ЭД-20 — 92,5 мас. ч, отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА) — 9,25 мас. ч, антисептик марки «Тефлекс. Антиплесень».

Испытания покрытий на биостойкость проводились согласно ГОСТ 9.049-91 по методу 1 (определение наличия грибостойких свойств) и

методу 3 (определение наличия фунгицидных свойств). Образцы в течение 6 мес. выдерживались в стандартной среде мицелиальных грибов. Затем защитное покрытие с образцов снималось и проводилось исследование изменения физико-механических свойств поверхности материалов.

Результаты исследований

Видовой состав идентифицированных мицелиальных грибов на поверхности исследуемых образцов на разных площадках экспонирования указан в табл. 1.

Таблица 1

Видовой состав грибов, поселившихся на исследуемых образцах

Условия испытаний	Видовой состав микроскопических грибов	Количество	
		видов грибов	родов
Открытая площадка	Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aureobasidium pullulans, Rhisopus nigricans, Fusarium mondiforme, Fusarium avenaceum, Penicillium chrysogenum, Alternaria alternata	8	6
Под навесом	Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aureobasidium pullulans, Rhisopus nigricans, Fusarium javanicum, Penicillium griseofulvum	6	5

Анализируя состав микофлоры на поверхности образцов труб в результате климатических испытаний на двух площадках экспонирования, можно выделить аскомицеты, представленные родами Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Aureobasidium, и зигомицеты (Rhisopus nigricans). Грибы Aspergillus niger из класса эуроциевых наиболее сильно вызывают коррозию металлов. Многие авторы предлагают использовать этот гриб для испытаний на грибостойкость металлических изделий [1, 2, 4]. Грибы Aspergillus ustus имеют всемирное распространение, они обнаруживаются также в воздухе помещений зданий и в почвах. Колонии A. ustus могут расти при температуре человеческого тела, для других микроорганизмов требуется более низкая температура. Такие грибы, как Penicillium chrysogenum, нитевидный гриб с отдельными гифами, Rhisopus nigricans из семейства мукоровых, Aureobasidium pullulans, относящийся к семейству Dothioraceae, распространены повсеместно, способны размножаться во влажных и теплых средах. Споры гриба Alternaria alternate в странах с умеренным климатом достигают высокой концентрации в период с мая по сентябрь.

В ходе проведенного исследования установлено (см. табл. 1), что видовой состав микроорганизмов на образцах, выдержанных на открытой площадке, более разнообразен, чем на поверхности труб, экспонированных под навесом. Выявлено восемь видов мицелиальных грибов, принадлежащих к шести родам: Aspergillus, Alternaria, Aureobasidium, Rhisopus, Penicillium, Fusarium.

На поверхности образцов, выдержанных под навесом, идентифицированы следующие виды плесневых грибов: два вида рода Aspergillus (Aspergillus ustus, Aspergillus niger), один вид рода Rhisopus (Rhisopus nigricans), один вид

рода Aureobasidium (Aureobasidium pullulans), один вид рода Penicillium (Penicillium griseofulvum), один вид рода Fusarium (Fusarium javanicum) (см. табл. 1). Первые четыре вида грибов выявлены на обеих площадках экспонирования.

Физико-механические испытания после воздействия климатических факторов на эксплуатационные свойства образцов из трубопроводных материалов проводились в лабораториях МГУ им. Н. П. Огарева. Данные испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Твердость на поверхности образцов в результате природно-климатических воздействий

Характеристика	Метод	Условия экспонирования	
		На открытой площадке	Под навесом
Среднее значение показателя твердости контрольных образцов	По Роквеллу (HRB)	74,75	
	По Бринеллю (HB)	136,25	
Среднее значение показателя твердости образцов в результате воздействия климатических факторов	По Роквеллу (HRB)	66,75	71,5
	По Бринеллю (HB)	118,5	128,5
Коэффициент стойкости	По Роквеллу (HRB)	0,89	0,96
	По Бринеллю (HB)	0,87	0,94

Как видно из табл. 2, за время экспозиции произошли изменения твердости трубопроводных материалов по обоим методам исследований. Меньшее изменение твердости исследуемых материалов в природно-климатических условиях обнаружено при экспонировании образцов под навесом. После выдерживания образцов под навесом в течение 20 мес., происходит уменьшение исследуемого показателя на 4 % по Роквеллу и 6 % по Бринеллю. Твердость образцов, выдержанных на открытой площадке, снизилась более чем на 11 % относительно контрольных образцов, не подверженных агрессивному воздействию среды.

Таким образом, погодно-климатические факторы (солнце, осадки, температура, ветер), развитие и жизнедеятельность микроорганизмов на поверхности исследуемых материалов приводят к их деструкции.

Учитывая, что разрушительные процессы при воздействии микроорганизмов начинаются с поверхности материалов, важное практическое значение для количественной оценки биодеградации имеют исследования, направленные на установление изменения физико-механических свойств на поверхности материала.

Нами проведены экспериментальные исследования биокоррозии образцов из металла. Рассматривались три их варианта: без покрытия; с покрытием на основе эпоксидной смолы; с покрытием на основе эпоксидной смолы с фунгицидной добавкой. В качестве фунгицидной добавки в последнем случае применяли препарат «Тефлекс. Антиплесень». Результаты исследований на биостойкость приведены в табл. 3.

Таблица 3

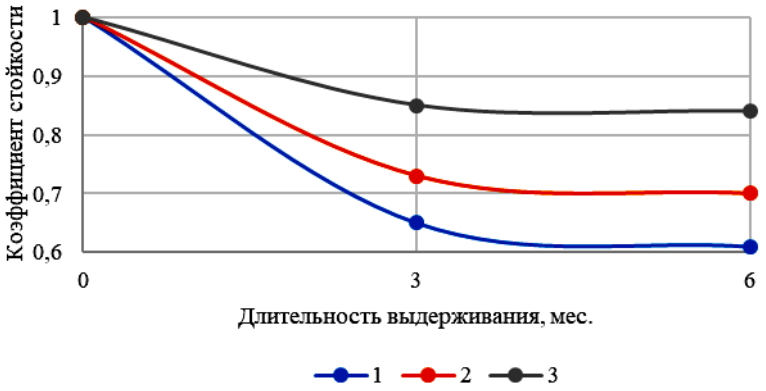
Исследование биостойкости образцов

Тип образца	Степень обрастания, балл		Характеристика по ГОСТ 9.049-91
	по методу 1	по методу 3	
Образец из металла	3	5	Негрибостоек
Образец из металла, покрытый эпоксидным составом	2	4	Грибостоек, нефунгициден
Образец из металла, покрытый биоцидным составом	0	1	Фунгициден

Из табл. 3 видно, что образцы из металла без покрытия показали степень обрастания, равную 3 и 5 баллам при отсутствии и наличии питательной среды для микроорганизмов при проведении испытаний соответственно. Нанесение покрытия из эпоксидной композиции на рассматриваемые образцы привело к снижению их обрастаемости на 1 балл при испытаниях как по методу 1, так и по методу 3. В ходе испытаний также установлено, что показали свою нефунгицидность все образцы, кроме тех, которые были покрыты эпоксидными композициями с добавлением фунгицидной добавки «Тефлекс».

На следующем этапе было проведено изучение изменения физико-механических свойств на поверхности образцов из металла (как с покрытиями, так и без покрытий) в условиях воздействия мицелиальных грибов. То есть оценивалось влияние антикоррозионного покрытия на физико-механические свойства поверхностей материалов, на которых нанесено покрытие. Контролируемым показателем была принята твердость на поверхности материала. Эта характеристика определялась с помощью консистометра Геплера путем внедрения конусообразного индентора.

Результаты изменения твердости образцов после воздействия биосреды представлены на рис.



Изменение твердости образцов после воздействия биосреды: *1* — образец без покрытия; *2* — образец, покрытый эпоксидным составов; *3* — образец, покрытый эпоксидным составом с фунгицидной добавкой

После испытаний на поверхности металлических образцов обнаружены продукты коррозии, что привело к снижению твердости материала (см. рис.). Результаты исследования изменения твердости показали предпочтительность

применения защитных покрытий при эксплуатации металлических конструкций в условиях воздействия биологических агрессивных сред: фунгицидного состава по сравнению с лакокрасочным покрытием на эпоксидном связующем без биоцидной добавки. При этом кинетика изменения твердости образцов, обработанных составом с добавлением препарата на основе гуанидина, при более длительном выдерживании в агрессивной среде носит более стабильный характер. Металлические образцы, покрытые эпоксидным составом с фунгицидной добавкой, характеризуются меньшей хрупкостью поверхности и большей стабильностью свойств по сравнению с необработанным материалом и образцами, покрытыми эпоксидным составом.

Таким образом, результаты эксперимента на примере воздействия биологической среды на строительные конструкции свидетельствуют о существенном изменении физико-механических свойств материалов на поверхности после воздействия эксплуатационных сред. Защита конструкций полимерными покрытиями способствует повышению их биологического сопротивления, причем в большей степени, когда ЛКМ содержат в своем составе биоцидные препараты. Долговечная работа защитных покрытий обеспечивается за счет использования лакокрасочных материалов с улучшенной структурой и повышенными показателями физико-механических свойств и химико-биологического сопротивления.

Выводы

1. Показано, что в условиях окружающей среды материалы и изделия подвержены негативному воздействию переменных температурно-влажностных факторов, ультрафиолетового облучения, дождя, снега, ветра и др.

2. В условиях воздействия окружающей среды климатические изменения влаги и температуры способствуют развитию биокоррозии.

3. Установлено, что видовой состав микроорганизмов, заселяющихся на поверхности металлических образцов на основе трубопроводных материалов, зависит от условий выдерживания:

- на открытой площадке, где образцы находятся под влиянием ультрафиолетового облучения, ветра, атмосферных осадков, переменных влажности и температур, заселяются мицелиальные грибы видов Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aureobasidium pullulans, Rhisopus nigricans, Fusarium mondiforme, Fusarium avenaceum, Penicillium chrysogenum, Alternaria alternata;
- в воздушной среде под навесом в результате воздействия циклически действующих температур и ветра развиваются следующие виды микромицетов: Aspergillus niger, Aspergillus ustus, Aureobasidium pullulans, Rhisopus nigricans, Fusarium javanicum, Penicillium griseofulvum.

4. В работе установлено комплексное влияние факторов умеренного климата на изменение физико-механических свойств трубопроводных материалов после выдерживания в условиях окружающей воздушной среды на открытой площадке и под навесом.

5. Испытания твердости на поверхности образцов, исследованных методами Бринелля и Роквелла, показали, что характеристики свойств снизились при выдерживании в условиях умеренного климата, причем в большей степени при выдерживании металлотруб на открытой площадке более чем на 11 % относительно контрольных значений.

6. Исследование биостойкости металлических поверхностей показало, что нанесение защитных эпоксидных покрытий повышает сопротивляемость металлоконструкций к воздействию мицелиальных грибов.

7. Установлено, что металлические образцы с фунгицидным покрытием, экспонируемые в течение 6 мес. в условиях биологически агрессивных сред, характеризуются меньшим снижением твердости (до 16 %) относительно необработанного материала и образцов, покрытых эпоксидным составом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Андреюк Е. И., Козлова И. А., Рожанская А. М.* Микробиологическая коррозия строительных сталей и бетонов // Биоповреждения в строительстве. М., 1984. С. 209—218.

2. *Андреюк Е. И., Билай В. И., Коваль Э. З., Козлова И. А.* Микробная коррозия и ее возбудители. Киев : Наук. думка, 1980. 288 с.

3. Биологическое сопротивление материалов / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 196 с.

4. *Герасименко А. А.* Защита машин от биоповреждений. М. : Машиностроение, 1984. 112 с.

5. *Звягинцев Д. Г.* Адгезия микроорганизмов и биоповреждения // Биоповреждения, методы защиты. Полтава, 1985. С. 12—19.

6. *Туркова З. А.* Микрофлора материалов на минеральной основе и вероятные механизмы их разрушения // Микология и фитопатология. 1974. Т. 8. Вып. 3. С. 219—226.

7. *Фельдман М. С., Смирнов В. Ф., Веселов А. П.* К вопросу об идентификации микромицетов-технофилов // Выделение, идентификация и хранение микромицетов и других организмов. Вильнюс, 1990. С. 36—40.

8. Строительство, реконструкция и эксплуатация зданий и сооружений с учетом экологических и медицинских аспектов / В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов, Д. А. Светлов, О. Д. Васильев, М. В. Вильдяева, В. Г. Гоик // Вестн. Приволж. территор. отд-ния Рос. акад. архитектуры и строит. наук : сб. науч. тр. Н. Новгород, 2019. С. 219—232.

9. *Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т.* Стойкость трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Вестн. Белгор. гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2012. № 1. С. 31—33.

10. *Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т., Бобрышев А. Н.* Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Изв. Юго-Зап. гос. ун-та. 2011. № 5-2(38). С. 415—421.

11. *Ерофеев В. Т., Федорцов А. П., Федорцов В. А.* Повышение коррозионной стойкости цементных композитов активными добавками // Строительство и реконструкция. 2002. № 2(88). С. 51—60.

12. *O'Connell M., McNally C., Richardson M. G.* Biochemical attack on concrete in wastewater applications: a state of the art review // Cement and Concrete Composites. 2010. No. 120.

13. Biogenic sulfuric acid attack on different types of commercially produced concrete sewer pipes / M. G. D. Gutiérrez-Padilla, A. Bielefeldt, S. Ovtchinnikov et al. // Cement and Concrete Research. 2010. No. 74.

14. *Jiang G., Keller J., Bond P. L.* Determining the longterm effects of H_2S concentration, relative humidity and air temperature on concrete sewer corrosion // Water Research. 2014. No. 60.

15. Исследование видового разнообразия грибов-литобионтов, выделенных с образцов цементных композитов, содержащих известняки различного происхождения и подвергнутых старению в условиях черноморского климата / В. Т. Ерофеев, Е. Н. Каблов, О. В. Старцев, В. Ф. Смирнов, И. В. Ерофеева, В. В. Ушкина, Д. В. Емельянов, Э. М. Балатханова, С. А. Коротаев // Архитектура и строительство. 2018. № 2. С. 116—123.

16. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. В. Богатова, С. В. Казначеев, В. Ф. Смирнов // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7(33). С. 23—31.

17. *Ерофеев В. Т., Альдулайми С. Д. С.* Исследование изменений прочностных характеристик цементных композитов в зависимости от концентрации в них бактерий и возраста образцов // Приволжский научный журнал. 2018. № 3(47). С. 70—77.

18. Исследование свойств бетона железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в прибрежной зоне Черноморского побережья / В. Т. Ерофеев, Т. Ф. Ельчищева,

А. И. Родин, И. В. Смирнов, Д. А. Меркулов, В. А. Федорцов, А. А. Чуваткин // Транспортные сооружения. 2018. Т. 5. № 2.

19. Биологическая стойкость цементных композитов / В. И. Травуш, Н. И. Карпенко, В. Т. Ерофеев, А. И. Родин, В. Ф. Смирнов, Н. Г. Родина // Гидротехническое строительство. 2017. № 8. С. 13—19.

20. Deterioration of compressive property of concrete under simulated acid rain environment / Y. F. Fan, Z. Q. Hu, Y. Z. Zhang et al. // Construction and Building Materials. 2010. Vol. 82.

21. Microbiologically induced deterioration of concrete — a review / S. Wei, Z. Jiang, H. Liu, D. Zhou, M. Sanchez-Silva // Brazilian Journal of Microbiology. 2013. Vol. 44. Iss. 4. URL: https://doi.org/10.1590/S1517-83822014005000006.

22. *De Windt L., Devillers P.* Modeling the degradation of Portland cement pastes by biogenic organic acids // Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. No. 8. URL: https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2010.03.005.

23. *Girardi F., Vaona W., Di Maggio R.* Resistance of different types of concretes to cyclic sulfuric acid and sodium sulfate attack // Cement and Concrete Composites. 2010. Vol. 32. No. 8. URL: https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.07.002.

24. *Калгин Ю. И., Ерофеев В. Т.* Разработка и исследование литого асфальтобетона на битумно-каучуковом вяжущем // Строительные материалы. 2007. № 1. С. 60—63.

25. Социально-биологический фактор в системах городских застроек / М. В. Вильдяева, В. И. Чурикова, Х. Б. Матьякубов, А. М. Ахмедов, Д. А. Светлов // Социология города. 2021. № 3. С. 58—70.

26. Разработка высокопрочного порошково-активированного бетона с улучшенными показателями биологического сопротивления / Д. В. Емельянов, И. В. Ерофеева, А. В. Дергунова, И. А. Чибулаев, Х. Б. Матьякубов, А. М. Ахмедов // Эксперт: теория и практика. 2021. № 5(14). С. 27—33.

27. *Емельянов Д. В., Ерофеева И. В., Матьякубов Х. Б., Ахмедов А. М.* Создание высокопрочного бетона с улучшенными показателями биологического сопротивления на основе композиционного вяжущего // Эксперт: теория и практика. 2021. № 5(14). С. 34—40.

28. *Мартынов А. А., Зоткина М. М., Захарова Е. А., Богатов А. Д.* Обрастание микроорганизмами полимерных композитов при выдерживании в условиях воздействия повышенной влажности, солевого тумана и цикличного изменения температур Черноморского побережья // Актуальные вопросы архитектуры и строительства : материалы Восемнадцатой междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. 2019. С. 303—310.

29. Biostable silicic rock-based glass ceramic foams / V. T. Erofeev, A. I. Rodin, A. S. Kravchuk, S. V. Kaznacheev, E. A. Zaharova // Magazine of Civil Engineering. 2018. Vol. 84. No. 8. Pp. 48—56. DOI: 10.18720/MCE.84.5.

30. *Erofeev V., Shafigullin L., Bobrishev A.* Investigation of noise — vibration-absorbing polymer composites used in construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. No. 4. 042034. DOI: 10.1088/1757-899X/463/4/042034.

31. *Erofeev V. T., Rodin A. I., Yakunin V. V., Tuvin M. N.* Structure, composition and properties of geopolymers from mineral wool waste // Magazine of Civil Engineering. 2019. Vol. 90. No. 6. Pp. 3—14. DOI: 10.18720/MCE.90.1.

32. *Ерофеев В. Т., Дергунова А. В.* Экономическая эффективность повышения долговечности строительных конструкций // Строительные материалы. 2008. № 2. С. 88—89.

33. *Ерофеев В. Т., Дергунова А. В., Богатов А. Д.* Экономические потери от биоповреждений и технико-экономическая эффективность повышения биостойкости материалов и конструкций зданий и сооружений предприятий текстильной промышленности // Изв. высш. учеб. заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 5(389). С. 97—102.

34. *Erofeev V. T.* Frame construction composites for buildings and structures in aggressive environments // ProcediaEngineering. 2016. Vol. 165. Pp. 1444—1447. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.877.

35. Production and investigation of properties of sulfide composite materials based on technogenic sulfur waste with titanium chloride as an activator / A. A. Yusupova, R. T. Akhmetova, A. A. Treshchev, V. T. Erofeev, A. A. Bobrishev, L. N. Shafigullin, A. A. Lakhno // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. No. 6. Pp. 1614—1619.

36. Determination of the heat resistance of polymer construction materials by the dynamic mechanical method / V. O. Startsev, M. V. Molokov, A. N. Blaznov, M. E. Zhurkovskii, V. T. Erofeev,

I. V. Smirnov // Polymer Science, Series D. 2017. Vol. 10. No. 4. Pp. 313—317. DOI: 10.1134/S1995421217040141.

© Ахмедова Г. М., Ахмедов А. М., Ахмедов А. М., Бажанова М. Е., Зоткина М. М., Захарова Е. А., 2022

Поступила в редакцию в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Стойкость и защита металлических трубопроводных материалов в условиях эксплуатационных сред / Г. М. Ахмедова, А. М. Ахмедов, А. М. Ахмедов, М. Е. Бажанова, М. М. Зоткина, Е. А. Захарова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 52—63.

Об авторах:

Ахмедова Говхер Меретдурдыевна — аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; gowher406@gmail.com

Ахмедов Арслан Меретдурдыевич — аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; arslan.akhmedov.92@mail.ru

Ахмедов Ахмет Меретдурдыевич — магистрант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; dragon_tm2012@mail.ru

Бажанова Маргарита Евгеньевна — старший преподаватель каф. зданий, сооружений и автомобильных дорог, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; mbazhanova@yandex.ru

Зоткина Марина Михайловна — канд. техн. наук, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; zotkina.mm@yandex.ru

Захарова Елена Александровна — научный сотрудник лаб. микробиологического анализа, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. Российская Федерация, 603022, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 23; zaharova64ea@mail.ru

Govher M. Akhmedova[a], Arslan M. Akhmedov[a], Akhmet M. Akhmedov[a], Margarita E. Bazhanova[a], Marina M. Zotkina[a], Elena A. Zakharova[b]

[a] Ogarev Mordovia State University

[b] Lobachevsky Nizhny Novgorod National Research University

DURABILITY AND PROTECTION OF METAL PIPING MATERIALS IN OPERATING ENVIRONMENTS

The article presents the results of a study of the resistance of metal piping materials in the temperate climate of the Republic of Mordovia. Samples from pipeline materials were kept in the air for more than a year. During the research, the species composition of microorganisms that settled on the samples during the tests was established, and their hardness tests were also carried out. A variant of protecting metal surfaces from the effects of microorganisms with polymer coatings is proposed. The research results can be used to assess the climatic resistance of pipeline materials and develop measures to protect them.

K e y w o r d s: metal materials, pipelines, weather and climatic conditions, hardness, biodamage, mycelial fungi, polymer coatings.

For citation:

Akhmedova G. M., Akhmedov A. M., Akhmedov A. M., Bazhanova M. E., Zotkina M. M., Zakharova E. A. [Durability and protection of metal piping materials in operating environments]. *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], 2022, iss. 3, pp. 52—63.

About authors:

Govher M. Akhmedova — Postgraduate Student, Ogarev Mordovia State University. 24, Sovetskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; gowher406@gmail.com

Arslan M. Akhmedov — Postgraduate Student, Ogarev Mordovia State University. 24, Sovetskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; arslan.akhmedov.92@mail.ru

Akhmet M. Akhmedov — Master's Degree student, Ogarev Mordovia State University. 24, Sovetskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; dragon_tm2012@mail.ru

Margarita E. Bazhanova — Senior Lecturer, Ogarev Mordovia State University. 24, Sovetskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; mbazhanova@yandex.ru

Marina M. Zotkina — Candidate of Engineering Sciences, Ogarev Mordovia State University. 24, Sovetskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; zotkina.mm@yandex.ru

Elena A. Zakharova — Researcher of Laboratory of Microbiological Analysis, Lobachevsky Nizhny Novgorod National Research University. 23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603022, Russian Federation; zaharova64ea@mail.ru

УДК 691.1; 691.3; 579.66

М. А. Гончарова[а], Т. К. Акчурин[б], Е. С. Дергунова[а]

[а] Липецкий государственный технический университет
[б] Волгоградский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УРЕАЗНЫХ БИОДОБАВОК В ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

В статье приведены данные об использовании биодобавок на основе бактерий, обладающих уреазной активностью в цементных системах. Применение иммобилизации уреабактерий с использованием к-каррагинана позволило стабилизировать и сохранить активность биоматериала при внесении его в цементные системы. Установлено, что указанные биодобавки на основе бактерий с уреазной активностью позволяют повысить степень гидратации цемента и сохранять структуру цементного камня при образовании трещин.

Ключевые слова: биоцементация, цементные системы, биодобавки, уреазная активность бактерий.

Биоцементацию можно считать перспективным решением многих строительных задач, так как это экологически чистая технология, способная снизить выбросы углерода, тем самым уменьшить отрицательное влияние антропогенных веществ на экологию планеты. Большинство ранее опубликованных отечественных и зарубежных статей были посвящены микробиологическому осаждению кальцита с механизмом биоцементации [1, 2], связанным с возникновением гидролиза мочевины в результате ферментативной активности уреазы микробами, которые в результате дают ионы аммония и карбонат-ионы. Эти ионы затем реагируют с ионами кальция в благоприятных условиях для выпадения осадка карбоната кальция. Микробиологическое индуцированное осаждение карбоната кальция достаточно подробно исследовано на предмет восстановления трещин и обработки поверхностей различных строительных материалов. Исследование микробиологического индуцированного осаждения карбоната кальция для производства связующих стало популярным в современной строительной инженерии и подробно еще не изучено.

В последние двадцать лет по всему миру активно ведутся работы по созданию строительных растворов и бетонов с самовосстанавливающейся микроструктурой с использованием биокаталитических методов, общий принцип которых базируется на применении почвенных щелочестойких спорообразующих микроорганизмов с уреазной активностью. Для данных бактерий характерна высокая чувствительность к изменению свойств среды в процессе гидратации минеральных вяжущих веществ, к способам формования и условиям набора прочности строительных материалов и изделий на их основе, которые приводят к снижению их эффективности в процессе самовосстановления микроструктуры портландцементных бетонов [3, 4—7].

В связи с этим актуальным направлением является совместное использование биодобавок с уреазной активностью в рецептуре цементных систем.

Цель данной работы — разработать и применить биодобавки для цемента на основе бактерий с уреазной активностью.

В качестве вяжущего в стандартной смеси использовался цемент марки ПЦ — 400-Д0, соответствующий ГОСТ 10178-85. В качестве мелкого заполнителя для обычных растворных смесей использовался полифракционный песок, соответствующий ГОСТ 6139-2003. В растворной смеси использовалась вода технического назначения, соответствующая ГОСТ 23732-2011. Физические испытания образцов бетона проводили по ГОСТ 10180-2012. Анализ измерения подвижности цементного теста производили с применением мини-конуса (кольца Вика по ГОСТ 310.3). Оптимальной дозировкой биодобавки принимали такое ее количество, при котором обеспечивается консистенция цементного теста, определяемая расплывом мини-конуса не менее 250…255 мм.

В качестве биодобавки использовали изолированные штаммы бактерий Sp. pasteurii (Б1), B. pasteurii (Б2), B. Cohnii (Б3), B. Sphaericus (Б4), B. Pseudofirmus (Б5), B. Cohnii (Б6). Для определения уреазной активности использовали среду Кристенсена с мочевиной. Концентрацию аммиака, образующегося при гидролизе мочевины, определяли спектрофотометрически по поглощению индофенольной сини в реакции Бертло при длине волны 578 нм на двулучевом спектрофотометре UV-1800 (SHIMADZU, Япония). КОЕ определяли с применением тест-средств «МикроБио» (Россия). Иммобилизацию уреазных бактерий проводили с использованием каппа-каррагинана (Россия) методом инкапсулирования. Контроль процесса иммобилизации — по остаточной уреазной активности микроорганизмов в маточном растворе.

Для изучения закономерностей процесса роста новой фазы использовали данные, полученные методами атомной силовой микроскопии, АСМ (сканирующий зондовый микроскоп Solver P47-PRO ЗАО «Нанотехнология-МДТ», Россия), оптической микроскопии — микроскоп DigiMicroSkale (DNT, Германия).

Уреазная активность обнаружена у широкого ряда микроорганизмов и растений, некоторые из которых вырабатывают фермент в большом количестве. Например, высокой уреазной активностью обладают обычные алкалофильные (щелочелюбивые) почвенные бактерии. Данные микроорганизмы использует мочевину как источник энергии и продуцирует ионы аммония (NH_4^+), увеличивающие pH окружающей среды и вызывающие осаждение ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} в виде карбоната кальция $CaCO_3$. Локальное увеличение pH часто является причиной того, что клетки микроорганизмов становятся центрами нуклеации для кристаллизации. Осаждение кальцита описывается следующим средним уравнением реакции:

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$ [8—11].

Микробиологически индуцированное осаждение кальцита протекает в соответствии с уравнениями

$Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^- = CaCO_3 + H_2O$;

$Ca^{2+} + 2HCO_3^- = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$.

Как было сказано выше, выпадению карбоната кальция из раствора будут благоприятствовать любые микробиологические процессы, ведущие к повышению содержания в среде гидрокарбонат-ионов [10, 11].

В настоящее время для получения стабильных и активных ферментов, клеток, микроорганизмов используют их иммобилизацию. Цели иммобилизации различны: стабилизация биокатализатора, перевод его в гетерогенное

состояние, придание ему новых структурных и функциональных свойств для повышения эффективности его использования в процессе катализа.

К-каррагинаны являются уникальным материалом для биоинкапсулирования, т. е. для получения различных полимерных систем в форме нано- и микрогелевых частиц или полимерных пленок с иммобилизованными ферментами, клетками или микроорганизмами.

В работе для иммобилизации микроорганизмов был использован метод инкапсулирования к-каррагинаном. В табл. 1 приведены результаты определения уреазной активности нативных и иммобилизованных микроорганизмов, обладающих уреазной активностью. Установлено, что в процессе иммобилизации уреазная активность снижается не более чем на 5 %, а также увеличивается срок хранения и использование иммобилизованного материала.

Таблица 1

Определение уреазной активности различных микроорганизмов до и после иммобилизации гелем каппа-каррагинана (n = 3, P = 0,95)

Вид бактерий, обладающих уреазной активностью	Уреазная активность, NH_4^+, мг/г/сут	
	До иммобилизации	После иммобилизации
Б1	41,52	40,92
Б2	39,43	38,71
Б3	38,12	38,01
Б4	34,54	33,40
Б5	32,88	29,81
Б6	47,69	45,91

Максимальное значение уреазной активности показали микроорганизамы B. Cohnii, как в нативном виде, так и в иммобилизованном состоянии.

Установлено, что срок хранения биокапсул увеличился более чем в 20 раз по сравнению с микробиологическим раствором.

Острым вопросом для биоцементации является время появления новой фазы. Был исследован период времени (1—6 недель), в течение которого появляются зародыши карбоната кальция (рис. 1).

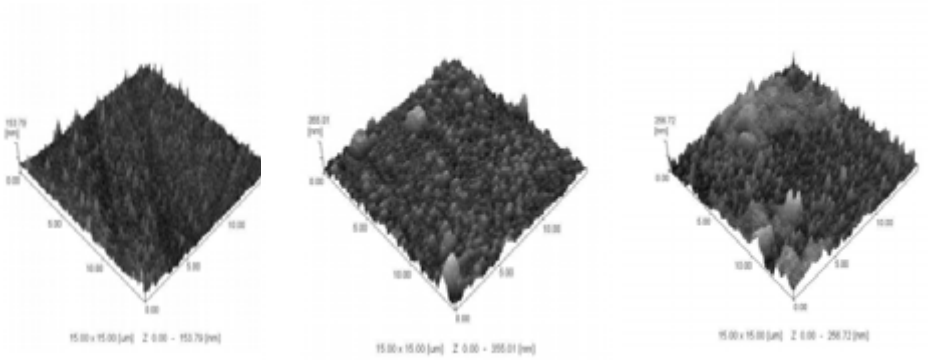


Рис. 1. Пример морфологии цементной системы с биодобавкой Б6 (время экспликации — 1, 4, 6 недель)

Исследование структурных характеристик образцов бетона на основе портландцемента показало, что образовавшийся карбонат кальция, оседая, заполняет поровое пространство образцов (рис. 2).

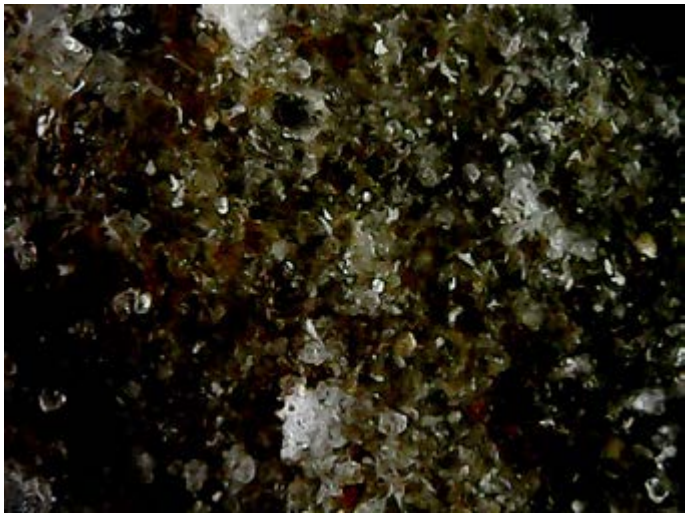


Рис. 2. Микрофотография структуры разлома цементной системы, модифицированной биодобавкой Б6 (увеличение ×80)

Влияние дозировок биодобавок на основные физико-механические свойства цементного камня изучали по показателям плотности в нормальных влажностных условиях и пределу прочности при сжатии в возрасте 28 сут (рис. 3, 4).

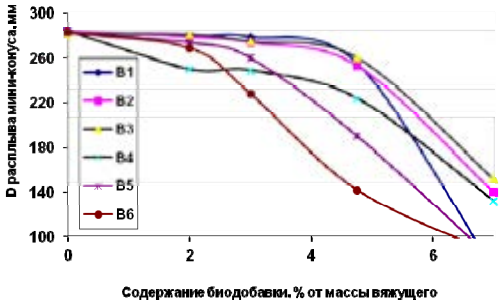


Рис. 3. Зависимость диаметра расплава мини-конуса от содержания и вида биодобавки

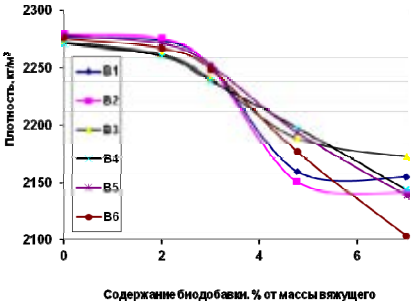


Рис. 4. Зависимость плотности цементного камня от вида и содержания биодобавки

Из анализа полученных данных установлено, что плотность цементной системы, содержащей по 2 % биодобавок, близка к аналогичному показателю контрольного холостого образца (плотность 2271 кг/м^3).

При дальнейшим увеличении содержания биомассы происходит снижение плотности цементного камня, достигая минимальных значений уже при 12…15 % по массе добавки, что, соответственно, в среднем на 5 % меньше показателя плотности холостого образца (табл. 2).

Таблица 2

Влияние биодобавки на предел прочность при сжатии образцов, МПа, цементной системы (n = 3, P = 0,95)

Вид биодобавки	Прочность образцов цементной системы, МПа							
	Количество биодобавки, % от массы цемента							
	0	0,1	0,5	1	2	4	5	10
Б1	56,3	56,9	59,1	59,4	60,2	60,9	60,8	56,8
Б2	56,3	56,3	59,8	59,7	65,5	69,1	69,0	60,2
Б3	56,4	56,8	59,4	59,2	66,9	68,2	68,3	60,1
Б4	56,5	57,1	58,1	60,9	65,5	79,5	74,3	69,8
Б5	56,2	56,3	58,7	65,9	69,5	74,5	72,1	69,7
Б6	56,4	56,4	59,1	66,9	75,5	80,4	—	71,1

Введение в состав цементных систем биодобавок с уреазной активностью в количество 2…4 % позволило получить образцы цементного камня с более высокими прочностными показателями при сжатии, чем контрольный образец без применения добавок. Малые количества добавок повышают прочность цементного камня при сжатии в возрасте 28 сут на 2…7 %. Повышение содержания биодобавок свыше 5 % приводит к резкому уменьшению прочностных характеристик по сравнению с контрольным образцом.

Заключение

Обобщая результаты исследований, необходимо отметить, что предлагаемые микроорганизмы Б1—Б6 характеризуются уреазной активностью не менее 32 и 29 мг NH_4^+/г/сут в нативном и иммобилизованном виде, что позволяет при оптимальных условиях формировать новую фазу в цементных системах. Установлено, что иммобилизованные клетки не теряют уреазную активность. Использование биодобавки Б6 (4 % по массе) позволяет увеличить предел прочности при сжатии цементного камня на 7 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mineral changes in cement-sandstone matrices induced by biocementation / C. Verba, A. R. Thurber, Y. Alleau, D. Koley, F. Colwell, M. E. Torres // International Journal of Greenhouse Gas Control. 2016. Vol. 49. Pp. 312—322.

2. *Bhutange S. P., Latkar M. V., Chakrabarti T.* Influence of direct urease source incorporation on mechanical properties of concrete // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 301.

3. *Joshi S., Goyal S., Sudhakara Reddy M.* Influence of nutrient components of media on structural properties of concrete during biocementation // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 158. Pp. 601—613.

4. *Abo-El-Enein S. A., Ali A. H., Talkhan F. N., Abdel-Gawwad H. A.* Application of microbial biocementation to improve the physico-mechanical properties of cement mortar // HBRC Journal. 2013. Vol. 9. No. 1. Pp. 36—40.

5. *Cardoso R., Pedreira R., Duarte S. O. D., Monteiro G. A.* About calcium carbonate precipitation on sand biocementation // Engineering Geology. 2020. Vol. 271.

6. *Charpe A. U., Latkar M. V.* Effect of biocementation using soil bacteria to augment the mechanical properties of cementitious materials // Materials Today: Proceedings. 2020. Vol. 21. No. 2. Pp. 1218—1222.

7. Microbiologically induced calcite precipitation biocementation, green alternative for roads — is this the breakthrough? A critical review / C. R. Machado Portugal, C. Fonyo, C. C. Machado, R. Meganck, T. Jarvis // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 262.

8. *Bhutange S. P., Latkar M. V., Chakrabarti T.* Studies on efficacy of biocementation of cement mortar using soil extract // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 274.

9. The influence of stone joints width and roughness on the efficiency of biocementation sealing / R. Cardoso, E. Arbabzadeh, J. Tenório de Lima et al. // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 283.

10. *Строкова В. В., Власов Д. Ю., Франк-Каменецкая О. В.* Микробная карбонатная биоминерализация как инструмент природоподобных технологий в строительном материаловедении // Строительные материалы. 2019. № 7. С. 66—72.

11. Применение микробной карбонатной биоминерализации в биотехнологиях создания и восстановления строительных материалов: анализ состояния и перспективы развития / В. В. Строкова, Д. Ю. Власов, О. В. Франк-Каменецкая, У. Н. Духанина, Д. А. Балицкий // Строительные материалы. 2019. № 9. С. 83—103.

© Гончарова М. А., Акчурин Т. К., Дергунова Е. С., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Гончарова М. А., Акчурин Т. К., Дергунова Е. С. Особенности использования уреазных биодобавок в цементных системах // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 64—69.

Об авторах:

Гончарова Маргарита Александровна — д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30; Magoncharova777@yandex.ru

Акчурин Талгать Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Дергунова Елена Сергеевна — канд. хим. наук, доц., Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30; dergunova14@yandex.ru

Margarita A. Goncharova[a], Talgat K. Akchurin[b], Elena S. Dergunova[a]

[a] Lipetsk State Technical University

[b] Volgograd State Technical University

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF BIOSUBSTANCES BASED ON UREASE-BACTERIA IN CEMENT SYSTEMS

The paper presents the results of the development and application of dietary supplements based on bacteria with urease activity in cement systems. The data on the effect of the studied additives on the mobility of cement dough and individual physico-chemical properties of cement stone are given. It has been established that these supplements based on bacteria with urease activity can increase the degree of hydration of cement and preserve the structure of cement stone during the formation of cracks.

K e y w o r d s: biocementation, cement systems, biosubstances, urease activity of bacteria.

For citation:

Goncharova M. A., Akchurin T. K., Dergunova E. S. [Development and application of biosubstances based on urease-bacteria in cement systems]. *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], 2022, iss. 3, pp. 64—69.

About authors:

Margarita A. Goncharova — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398055, Russian Federation; Magoncharova777@yandex.ru

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Elena S. Dergunova — Candidate of Chemistry, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398055, Russian Federation; dergunova14@yandex.ru

УДК 666.975.2620.193.41

М. А. Гончарова[а], А. В. Мраев[а], А. Р. Пачин[а], Т. К. Акчурин[б]

[а] Липецкий государственный технический университет
[б] Волгоградский государственный технический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ШЛАКОБЕТОНОВ В УСЛОВИЯХ АГРЕССИВНОЙ СУЛЬФАТНОЙ СРЕДЫ

В статье рассмотрено прогнозирование долговечности шлакобетонов в условиях агрессивной сульфатной среды. Приведена методика определения коррозийной стойкости шлакобетонов в растворе серной кислоты. Осуществлен контроль за внедрением жаростойких шлакобетонов для изготовления элементов дымовых труб, работающих в условиях действия агрессивной среды. Также раскрыты процессы отработки и оптимизации технологических параметров изготовления жаростойких шлакобетонов. Описана корректировка составов жаростойких бетонов.

Ключевые слова: шлакобетоны, агрессивная сульфатная среда, долговечность, прогнозирование, жаростойкость, технологические параметры, оптимизация, отработка, корректировка.

Исследованием свойств бетонов занимаются в научной школе под руководством М. А. Гончаровой. Соответствие состава бетона требованиям нормативных документов является важным аспектом. В своих исследованиях М. А. Гончарова, О. В. Бобоколонова, О. В. Карасева описывают сухие огнеупорные смеси в конструкциях сталеразливочных ковшей и фурм для продувки газов [1]. М. А. Гончарова, Г. Е. Штефан описывают жаростойкие бетоны из боя шамотных огнеупоров с нанодобавками [2]. М. А. Гончарова, Г. Е. Штефан, А. Д. Корнеев исследуют влияние наполнителей на свойства жаростойких шлакопемзобетонов для тепловых агрегатов [3]. М. А. Гончарова, Н. Н. Дергунов, И. О. Саяхова производят оптимизацию составов жаростойких бетонов на основе шамотных техногенных материалов [4]. М. А. Гончарова, О. В. Бобоколонова разработали технологию производства жаростойких бетонов с учетом опыта эксплуатации подпорных стен шлаковых траншей [5].

В соответствии с требованиями нормативных документов к кислотостойким бетонам по результатам их испытаний в агрессивной среде может быть выполнено прогнозирование долговечности этих бетонов.

При этом используются результаты потерь массы и прочности образцов-балочек размером 4 × 4 × 16 см после выдержки их в агрессивной среде в течение 30, 60, 90, 180, 270 и 360 сут. Прогнозирование может быть осуществлено на ближайшие 10…20 лет службы в условиях воздействия аналогичной агрессивной среды.

Поскольку концентрацию кислот в дымовых трубах определить практически невозможно, нами была принята заведомо сильно агрессивная среда: раствор 2,5%-й серной кислоты.

Для приготовления были изготовлены опытные партии в соответствии с требованиями нормативных документов из шлакобетона состава КЛ-1-0 (КЛ-1 с добавкой гидрата глинозема), рекомендованного заказчику для внедрения.

Исследования на коррозийную стойкость выполнены после 7-дневного твердения образцов с последующей сушкой их до постоянной массы.

Определение коррозийной стойкости шлакобетонов проводилось в строительной лаборатории ЛГТУ. Были изготовлены серии шлакобетонов на основе литого шлакового щебня и для сравнения — на основе гранитного щебня и шамотного. Образцы бетонов твердели в одних условиях, высушивались до постоянной массы. Образцы-кубы размером 10 × 10 × 10 см после того, как были высушены до постоянной массы, обрабатывались шлифшкуркой, насыщались водой до постоянного водонасыщения. Насыщенные образцы погружались в 5- и 10%-й раствор серной кислоты. Образцы в растворе кислоты хранились в эксикаторах, чтобы не прикасались друг к другу и к стенкам эксикаторов. В растворе кислоты образцы находились в течение 5 сут, наблюдение проводилось каждый день. По истечении 5 сут образцы доставали из раствора кислоты, промывали в воде, взвешивали и определяли потери в весе, прочности на сжатие.

Одновременно были поставлены образцы-кубы размеров 4 × 4 × 16 см на длительное испытание. Испытание проводилось в течение года. Методика подготовки образцов такая же, как и при определении коррозионной стойкости на кубиках. При длительном испытании раствор серной кислоты, в которой выдерживались образцы бетона, готовили из расчета, что котельная будет работать на высокосернистом мазуте, а содержание серы 5 %. Перед погружением в раствор серной кислоты замеряли размеры образцов, определяли массу до 0,01 г. Образцы испытывали сериями: одну до погружения в среду, затем по одной серии после каждого срока.

Продолжительность выдержки образцов в растворе серной кислоты принимали равной 30 сут, при промежуточных сроках 30, 60, 90, 180, 270 сут. Каждые сутки проверяли pH среды и при необходимости корректировали. Через каждые 30 сут ее заменяли на новую.

По истечении срока образцы извлекали из раствора серной кислоты, промывали водопроводной водой, промокали фильтровальной бумагой, измеряли, взвешивали и определяли прочность на растяжение при изгибе.

Результаты измерений химической стойкости шлакобетона составов КЛ-1 к длительному воздействию в 2,5%-й серной кислоте приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химическая стойкость шлакобетонов

Свойства бетона	Величины свойств после выдержки в растворе в течение указанного срока, сут					
	30	60	90	180	270	360
Прочность при изгибе на растяжение, МПа	88,60	87,70	85,90	84,10	83,20	81,40
То же при сжатии	375	368	368	355	348	310
Изменение массы, % («+» — прирост, «–» — потеря)	+1,7	+2,2	+2,3	+4,0	+5,4	+5,8
Коэффициент химической стойкости $К_{х.с}$						
Изменение внешнего вида (наличие трещин, вздутий, раковин)	Образцы без внешних изменений		На поверхности белая пленка		Белая рыхлая пленка толщиной 1 мм	

Из табл. 1 видно, что шлакобетон состава КЛ-1 после выдержки в 2,5%-й серной кислоте в течение всего периода испытаний не только не теряет массу, но, наоборот, дает ее увеличение, что объясняется оседанием в порах низкоосновных гидросульфатов, повышающих плотность бетона.

Выполненные исследования по химической стойкости шлакобетона к длительному воздействию 2,5%-й серной кислоты позволяют произвести прогнозирование химической стойкости шлакобетона по нормативным документам.

Принимаем экономически целесообразный срок службы дымовых труб $E = 15$, а допустимое снижение прочности за этот срок службы (5400 сут) $C = 0{,}5$.

Тогда химическая стойкость конструкций трубы за этот срок службы будет обеспечена при условии

$$К_{х.\,с} \geq 1 - C, \tag{1}$$

где $К_{х.\,с}$ — коэффициент химической стойкости:

$$К_{х.\,с} = a + b, \tag{2}$$

где a и b — коэффициенты, рассчитываемые (используя результаты испытаний) по формуле

$$a = \lg КК_{х.\,с} - b \lg \tau; \tag{3}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{0}\left(\lg К_{х.\,с} - \lg К_{х.\,с} i\right)\left(\lg \tau - \lg \tau i\right)}{\sum_{i=1}^{0}\left(\lg \tau - \lg \tau i\right)2}, \tag{4}$$

где $\lg К_{х.\,с}$ и $\lg \tau$ — логарифмы коэффициента химической стойкости и принятого срока эксплуатации;

$\lg К_{х.\,с} = \sum_{i=1}^{0} \lg К_{х.\,с} i$ — среднее значение логарифма химической стойкости, где $\lg К_{х.\,с}$ и $\lg \tau$ — те же величины b-серии испытаний в промежуточных сроках; n — число серий образцов, испытанных в промежуточные сроки.

Результаты промежуточных расчетов целесообразно представить в виде табл. 2.

Таблица 2

Результаты промежуточных расчетов прогнозирования $К_{х.\,с}$

Номер испытаний	$\lg \tau i$	$\mathrm{Lg}\, К_{х.\,с}\, i$	$\frac{\lg К_{х.\,с} - \lg К_{х.\,с}}{i}$	$\lg \tau i - \lg \tau i$	$(\lg К_{х.\,с} - \lg К_{х.\,с}\, i)(\lg \tau i - \lg \tau i)$	$(\lg \tau i - \lg \tau i)^2$
1	1,48	–0,009	–0,017	0595	–0,0101	0,03540
2	1,78	0,013	–0,013	0295	–0,0038	0,0870
3	1,95	–0,022	–0,004	0,125	–0,0005	0,0156
4	2,25	–0,032	–0,006	–0,175	–0,0007	0,0306
5	2,43	–0,036	–0,0010	–0,355	–0,0036	–0,0126
6	2,56	–0,046	–0,020	–0,485	–0,0097	0,2350
Сумма	12,45	–0,158			–0,0284	0,7348

Таким образом, $\lg \tau\, i = 2{,}075$, $\lg К_{х.\,с} = -0{,}026$.

Коэффициент b, вычисленный по формуле (4), будет $b = -0{,}0386$, а коэффициент a по формуле (3) составит

$$a = -0{,}026 - (-0{,}0386 \cdot 2{,}075) = -0{,}26 - 0{,}0386 \cdot 2{,}075 = 0{,}026 + 0{,}080 = +0{,}054.$$

Коэффициент химической стойкости за принятый срок эксплуатации:

$\lg K_{х.\,с} = 0{,}054 - 0{,}0386\ 5400 = 0{,}054 - 0{,}0386 \cdot 3{,}7324 = 0{,}054 - 0{,}144 =$
$= -0{,}09 = 1{,}91.$

Тогда $K_{х.\,с} = 0{,}81$.

Подставляем полученные результаты в формулу (1):

$0{,}81 > 1 - 0{,}5 = 0{,}5.$

Таким образом, расчет показал, что для принятого периода эксплуатации труб (15 лет) коэффициент химической стойкости жаростойкого шлакобетона с химически стойкими добавками значительно выше минимально допустимого, что свидетельствует о том, что период эксплуатации можно увеличить.

Портландцемент старооскольского цементного завода марки 500 при испытаниях в лабораторных условиях показал следующие усредненные физико-механические характеристики: плотность 3,1 г/см^3, насыпная плотность 1190 кг/м^3, нормальная густота цементного теста 27 %, предел прочности при изгибе в 28-дневном возрасте твердения 6,4 МПа, при сжатии 517, т. е. соответствовал требованиям ГОСТ 10178-76 к портландцементу марки 500.

Суперпластификатор С-3, доставленный в плотно закрывающейся таре (бидоны), имел плотность (по весовому методу испытаний) 1,23 г/см^3, обладал хорошей разжижающей способностью уже при его расходе: 0,15 % от массы цемента.

Увеличение расхода пластификатора более 0,2 % от массы цемента нецелесообразно, так как при обжиге он выгорает и способствует снижению остаточной прочности и коррозионной стойкости. Поэтому, несмотря на доводы заказчика на увеличение расхода этой добавки (мотивируя большим расходом ее в обычных бетонах — до 1,5…2,0), авторы настояли на указанном расходе добавки.

Гидрат глинозема, полученный в виде отходов производства радиодеталей на Воронежском заводе радиодеталей, был доставлен в открытых металлических балочках в виде густой сметанообразной массы. За время транспортировки и хранения вода отстаивается. Гидрат глинозема уплотняется и к началу внедрения имеет влажность 14…16 %.

Введение его в состав шлакобетона способствует увеличению пластичности и удобоукладываемости бетонной смеси. Благодаря наличию в его составе преимущественно гидрата глинозема (в аморфном состоянии), эта добавка связывает гидроокись кальция, возникающую при твердении цементного камня, в нерастворимые гидроалюминаты кальция, снижая щелочность среды и увеличивая тем самым плотность и коррозионную стойкость к действию сульфатной среды шлакобетона.

Андезитовая мука имела насыпную плотность 1250 кг/м^3, плотность 2,8 г/см^3 и остаток на сите 0,08 мм — 16 %, т. е. соответствовала требованиям действующих ТУ 6-12-101-81.

Песок шлакопемзовый, получаемый из цеха шлакопереработки НЛМК, имел следующие показатели свойств: плотность 2,85 г/см^3, насыпная плотность 1080 кг/м^3 и зерновой состав, представленный в табл. 3.

Установлено, что по зерновому составу шлакопемзовый песок удовлетворяет требованиям ГОСТа, следовательно, обеспечивает максимальную плотную упаковку зерен.

Таблица 3

Зерновой состав песка из шлаковой пемзы

Вид остатков и их размерность	Остатки на ситах, мм						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0
Остатки, г	25	160	80	255	305	150	25
Частные, %	2,5	16,0	8,0	25,5	30,5	15,0	2,5
Полные, %	2,5	18,5	26,5	52,0	82,5	97,5	—

При дозировке песка производилась корректировка его расхода на влажность, которая составляла 5,6 %.

Показатели физико-механических свойств щебня из доменного шлака фр. 5…20 мм, также поставляемого цехом шлакопереработки НЛМК, характеризовались следующими значениями: плотность 2,9 г/см^3, насыпная плотность 1000 кг/м^3, влажность 4,5 %, а зерновой состав представлен в табл. 4.

Таблица 4

Зерновой состав щебня из доменного шлака

Вид остатков и их размерность	Остатки на ситах, мм				
	40	20	10	5	0
Остатки, г	0	40	520	420	20
Частные. %	0	4	52	42	2
Полные, %	0	4	56	98	—

По величине полных остатков наибольшая крупность зерен щебня $Д_{наиб}$ = 20 мм, а наименьшая $Д_{наим}$ = 5 мм. Следовательно, $Д_{ср}$ = (20 + 5) / 2 = = 12,5 ~ 10 мм.

По зерновому составу щебень пригоден для бетона, так как полный остаток на $Д_{ср}$ находится в пределах 50…70 % (равен 56 %) и обеспечивает максимально полную упаковку зерен.

При дозировке щебня также производилась корректировка его расхода на влажность, которая составляла 4,5 %.

Таким образом, материалы соответствовали требованиям действующих нормативных документов, и из них можно было изготовлять жаростойкий коррозионностойкий шлакобетон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гончарова М. А., Бобоколонова О. В., Карасева О. В.* Сухие огнеупорные смеси в конструкциях сталеразливочных ковшей и фурм для продувки газов // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 11-12. С. 20—25.

2. *Гончарова М. А., Штефан Г. Е.* Жаростойкие бетоны из боя шамотных огнеупоров с нанодобавками // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. № 6. С. 29—33.

3. *Гончарова М. А., Штефан Г. Е., Корнеев А. Д.* Влияние наполнителей на свойства жаростойких шлакопемзобетонов для тепловых агрегатов // Огнеупоры и техническая керамика. 2005. № 4. С. 32—36.

4. *Гончарова М. А., Дергунов Н. Н., Саяхова И. О.* Оптимизация составов жаростойких бетонов на основе шамотных техногенных материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2015. № 11-12. С. 22—27.

5. *Гончарова М. А., Бобоколонова О. В.* Технология производства жаростойких бетонов с учетом опыта эксплуатации подпорных стен шлаковых траншей // Огнеупоры и техническая керамика. 2016. № 1-2. С. 28—33.

© Гончарова М. А., Мраев А. В., Пачин А. Р., Акчурин Т. К., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Гончарова М. А., Мраев А. В., Пачин А. Р., Акчурин Т. К. Прогнозирование долговечности шлакобетонов в условиях агрессивной сульфатной среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 70—75.

Об авторах:

Гончарова Маргарита Александровна — д-р техн. наук, проф., Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30; Magoncharova777@yandex.ru

Мраев Александр Викторович — аспирант, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30; Magoncharova777@yandex.ru

Пачин А. Р. — Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398055, г. Липецк, ул. Московская, 30

Акчурин Талгать Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Margarita A. Goncharova[a], Alexander V. Mraev[a], A. R. Pachin[a], Talgat K. Akchurin[b]

[a] Lipetsk State Technical University

[b] Volgograd State Technical University

FORECASTING THE DURABILITY OF CINDER BLOCKS IN AN AGGRESSIVE SULFATE ENVIRONMENT

The article discusses the prediction of the durability of cinder blocks in an aggressive sulfate environment. The method of determining the corrosion resistance of slag concrete in a solution of sulfuric acid is given. Control over the introduction of heat-resistant cinder blocks for the manufacture of elements of chimneys operating in an aggressive environment was carried out. The development and optimization of technological parameters for the manufacture of heat-resistant cinder blocks is also disclosed. The correction of the compositions of heat-resistant concrete is described.

Key words: cinder blocks, aggressive sulfate medium, durability, forecasting, heat resistance, technological parameters, optimization, testing, correction.

For citation:

Goncharova M. A., Mraev A. V., Pachin A. R., Akchurin T. K. [Forecasting the durability of cinder blocks in an aggressive sulfate environment]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 70—75.

About authors:

Margarita A. Goncharova — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398055, Russian Federation; Magoncharova777@yandex.ru

Alexander V. Mraev — Postgraduate Student, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398055, Russian Federation; Magoncharova777@yandex.ru

A. R. Pachin — Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398055, Russian Federation

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

УДК 691.53

Т. Ф. Ельчищева[а], И. В. Ерофеева[б], Я. А. Санягина[в], В. В. Ушкина[б], С. В. Казначеев[б], Т. К. Акчурин[г]

[а] Тамбовский государственный технический университет

[б] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева

[в] ООО «Научно-производственное объединение „ЗД Бетон“»

[г] Волгоградский государственный технический университет

БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ОКРАШЕННЫХ В ЧЕРНЫЙ ЦВЕТ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

В статье приводятся результаты исследования биологической стойкости цементных композитов. Рассматривались декоративные составы, наполненные черной сажей (технический углерод). Показано, что строительные смеси черного цвета широко используются в качестве соединительной прослойки в кирпичных кладках, штукатурных растворах с повышенной архитектурной выразительностью, гидротехнических сооружениях, противообрастающих покрытиях и т. д. Во время эксплуатации в подобных объектах строительства материалы подвержены воздействию окружающего воздуха и морской воды. Такие среды приводят к развитию микроскопических организмов на 50 % изделий и конструкций. В статье выявляется видовой состав микроорганизмов на цементных композитах, содержащих различное количество техуглерода, которое при этом также менялось в композициях суперпластификатора, в качестве которого использовался препарат Melflux PP 100. Для нахождения рационального состава декоративной композиции применяли методы математического планирования эксперимента, при реализации плана эксперимента с помощью биологических методов исследований определялся видовой состав микроорганизмов после экспозиции в условиях воздушного пространства открытой площадки и под навесом, а также в морской воде. Выявлено, что общее число видов снижается при изменении условий в направлении «открытая площадка — навес — морская вода». Наибольшая численность характерна для трех видов грибов: Alternariabrassicae, Penicilliumnigricans и Fusariummoniliforme. Их суммарная встречаемость составила 34 %.

Оптимальным составом, обеспечивающим наибольшую биостойкость для всех трех условий выдержки материалов, является состав цементного композита, содержащего 29…30 % технического углерода и пластифицирующей добавки 0,0…0,1 % от массы цемента. При этом видовое разнообразие на образцах, экспонированных на открытой площадке, составило шесть видов, под навесом — четыре вида, в морской воде — три вида.

Ключевые слова: декоративные цементные композиты, черная сажа, суперпластификатор, оптимизация, планирование эксперимента, видовой состав микроорганизмов, воздушная среда, морская вода, биостойкость.

Наиболее распространенный стереотип не только среди обывателей, но даже среди строителей — это представление о бетоне как о материале светло-серого цвета. Однако в настоящее время все большую популярность приобретают декоративные бетоны, окрашенные в различные тона.

Процесс изготовления декоративного бетона известен давно. Эксперименты, начатые еще в древности и активизировавшиеся в начале XIX столетия, включали добавление в цементные системы какого-либо пигмента в виде порошка или жидкости, как правило, от 2 до 5 % от массы цемента. Пигментация выполняет чисто эстетическую функцию. Для получения декоративных бетонов используются неорганические и органические пигменты [1, 2]. При их добавлении вся смесь становится пигментированной.

Широко востребованы бетоны, окрашенные в различные тона графита и имеющие фактуру древесины. Два этих свойства — большая палитра оттенков черного и оригинальная фактура, варьирующая от абсолютно гладкой до шероховатой, позволяют добиваться оригинальных художественных эффектов. Особенно выразителен черный бетон при попадании на него лучей света под разными углами, что заставляет его переливаться различными цветами. Область применения черного бетона весьма обширна. При возведении здания он может применяться как основной материал, конструктивно используемый аналогично обычному. Кроме того, в качестве декоративного материала черный бетон может служить для облицовки как внутренних, так и внешних стен (в виде тонких плиток), из него можно создать оригинальный пол. Строительные растворные смеси черного цвета получили применение в качестве соединительных прослоек при строительстве кирпичных зданий для придания им улучшенной архитектурной выразительности.

Для создания черного бетона обычно используется оксид железа (Fe_3O_4), встречающийся в природе как минеральный магнетит [3]. При добавлении в бетонную смесь частицы оксида железа окружают и покрывают частицы цемента, которые в десять раз меньше. Вот почему количество пигмента дозируется в зависимости от количества цемента, а не мелкого и крупного заполнителя или воды.

Существуют также другие добавки для получения черных поверхностей. Каждая из них характеризуется определенным механизмом взаимодействия с цементным вяжущим. Например, пигменты из оксида железа связываются с цементом и становятся постоянной частью матрицы бетона, а сажа такой способностью не обладает. Когда вода испаряется, она извлекает углерод, в результате чего бетон выгорает интенсивнее.

Во многих работах делается вывод о том, что использование пигмента не оказывает отрицательного воздействия на физические свойства и характеристики прочности затвердевшего бетона [4]. В других работах показано, что пигменты могут снизить плотность, увеличить водопоглощающую способность на 1 % и более, а также снизить прочность на сжатие до 20 % [5]. Это означает, что приготовление и использование пигментированного бетона требует большей ответственности при контроле процесса.

Еще одним пигментом, придающим бетону черный цвет, является технический углерод (черная сажа), широко используемый в различных отраслях промышленности, в том числе в качестве наполнителя при получении композиционных материалов [6]. Технический углерод обладает рядом свойств, которые позволяют сделать композиты на его основе атмосферо- и коррозионностойкими. Так, черная сажа обладает высокой устойчивостью к действию кислот (за исключением концентрированных серной и азотной) и щелочей, температур, поглощает свет видимой области спектра, ультрафиолет и инфракрасное излучение. При введении сажи в состав цементных композитов она может служить в качестве дополнительных зон кристаллизации, что обусловливает улучшение структуры материала. Кроме того, известны примеры использования сажи с целью гидрофобизации цементных растворов и бетонов, что способствует снижению водопоглощения материала и, как следствие, увеличению его долговечности и коррозионной стойкости. Снижение водопоглощения материала может приводить к уменьшению его разрушения

под действием биологических агентов, так как для существования последних необходимо наличие капельно-жидкой воды.

Искусственные каменные материалы в условиях эксплуатации подвергаются химическому и биологическому разрушению [7—9]. Агрессивными агентами во втором случае являются грибы-микромицеты, колонизирующие труднодоступный биотоп и выживающие в жестких условиях осмотического стресса, недостаточного количества питательных веществ, резкого изменения температур, влажности, освещения. По способности к разрушению каменистых материалов все грибы можно условно разделить на агрессивные деструкторы и относительно инертные виды [9—12]. Первые выделяют органические кислоты, ферменты, физически воздействуют на субстрат, формируя «проникающие гифы», что обусловливает появление микротрещин, изменение микроклимата существования грибной колонии, увеличивает доступность влаги. Грибы-литобионты способны к образованию темных пигментов (меланины защищают от мутагенного действия ультрафиолета), экзополисахаридов (благодаря высокой гидрофильности они адсорбируют влагу из воздуха), утолщение клеточной стенки и появление иных анатомических образований позволяет экономить влагу, метаболизм характеризуется экономичностью, а размножение происходит путем мелких, легко разносимых воздухом спор или же вегетативно [13—19]. Все перечисленные физиологические, биохимические и анатомические приспособления позволяют микромицетам адаптироваться к жизни на твердых и достаточно инертных субстратах, каковыми являются современные бетоны [14, 20—23].

В связи с актуальностью вопросов, связанных с изучением процессов биологического разрушения искусственных каменных материалов, было проведено исследование биологического разнообразия культур грибов, способных в течение одного года заселить образцы цементных композитов, выдержанные на воздухе черноморского побережья в условиях открытой площадки, под навесом, а также подвергшиеся старению в морской воде [24—28].

Рассматривались цементные композиты, содержащие в своем составе наполнитель и пластификатор. В качестве наполнителя была использована белая сажа, представляющая собой гидратированный диоксид кремния. Содержание наполнителя составило 0…30 % от массы цемента. В качестве пластифицирующей добавки использован Melflux PP 100, вносимый в количестве 0,0…0,6 % от массы цемента. Для подбора оптимального по составу композита был поставлен эксперимент. Уровни варьирования факторов по матрице планирования отражены в табл. 1. Обработку результатов эксперимента провели согласно [29—31].

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Уровни варьирования факторов	Факторы	
	Содержание технического углерода, %	Содержание пластификатора, % от массы цемента
–1	0	0,0
0	15	0,3
+1	30	0,6

Биологическая коррозия материалов усиливается в условиях морского побережья, жаркого и тропического климата [8, 9, 12, 27]. В наших исследованиях в течение одного года образцы, изготовленные на основе теста нормальной густоты, экспонировались в условиях черноморского побережья. Они были помещены в три комплекса условий: часть из них находилась в наземно-воздушной среде на открытой площадке, вторая — под навесом, третью часть поместили в водную среду (их подвергли старению в морской воде).

Наземно-воздушные условия характеризуются более резкими колебаниями влажности, температуры, силы ветра. Кроме того, материалы, находившиеся в условиях открытой площадки, подвергались воздействию солнечного света и ультрафиолетового излучения. Образцы, помещенные в морскую воду, подвергались коррозии химического типа, в меньшей степени на них оказывали влияние солнечное излучение и перепады температур. С образцов композитов были выделены 32 вида грибов-литобионтов 14 родов (табл. 2). Многие из обнаруженных микромицетов являются биологическими деструкторами искусственного камня. Для выделения и определения культур использовали метод смыва с последующим разведением и выращиванием на средах Чапека — Докса, Сабуро и картофельно-глюкозном агаре в течение не менее 7 сут при температуре 28 °С. Только 15,6 % от общего числа видов встречается во всех трех условиях экспозиции. Этими видами являются Alternaria brassicae, Chaetomium dolichortrichum, Fusarium moniliforme, Penicillium nigricans и Cladosporium elatum.

Таблица 2

Видовой состав грибов-литобионтов, выделенных с образцов цементных композитов

Виды микромицетов	Встречаемость при экспозиции в условиях		
	открытой площадки	под навесом	в морской воде
Alternaria alternate	+	+	–
Alternaria brassicae	+	+	+
Alternaria dianthi	+	+	–
Alternaria pluriseptaia	+	–	–
Alternaria solani	+	–	–
Alternaria tenuissima	+	+	–
Aspergillus fumigatus	–	–	+
Aspergillus niger	+	+	+
Aspergillus oryzae	+	–	–
Aspergillus terreus	–	–	+
Botrysporium longibrachiatum	+	–	–
Botrysporium piiluliferum	+	–	–
Chaetomium dolichortrichum	+	+	+
Chaetomium globosum	+	+	–
Cladosporium elatum	+	+	+
Cladosporium herbarum	–	+	+
Fusarium avenacenum	+	+	–
Fusarium moniliforme	+	+	+
Fusarium sambucinum	–	+	–

Окончание табл. 2

Виды микромицетов	Встречаемость при экспозиции в условиях		
	открытой площадки	под навесом	в морской воде
Mucor corticola	–	+	–
Mucor racemosus	–	–	+
Paecilomyces variotii	+	–	+
Pasiphila urticae	+	–	–
Penicillium chrysogenum	–	+	–
Penicillium meleagrium	–	–	+
Penicillium nigricans	+	+	+
Penicillium oxaliceum	+	–	–
Penicillium variable	–	–	+
Rhizopus cohnii	+	–	–
Stachybotrys chertarum	+	–	–
Trichoderma oningii	–	–	+
Verticillium tenerum	+	+	–

Результаты сравнительного анализа видового разнообразия сообществ микромицетов, выделенных с образцов, выдержанных в различных условиях, приведены в табл. 3. Для попарного сравнения групп был применен коэффициент Серенсена. Значения последнего лежат в области от 0 до 1, где 0 — полностью отличающиеся между собой группы видов (сходство 0 %), а 1 — две абсолютно одинаковые группы (сходство 100 %). Показано, что наибольшим сходством характеризуются группы грибов, выделенных на открытой площадке и под навесом (63,15 %). Наименьшее сходство характеризует группы микромицетов, полученных с образцов, экспонировавшихся на открытой площадке и в морской воде.

Таблица 3

Анализ видового разнообразия

Условия	Условия экспозиции		
	Открытая площадка	Под навесом	После старения в морской воде
Число видов, обнаруживаемых только в пределах указанных условий экспозиции	9	3	6
Общее число видов, обнаруживаемое в пределах указанных условий	22	16	14
Число видов, обнаруживаемых одновременно в двух условиях экспозиции			
Условия	Открытая площадка	Под навесом	В морской воде
Открытая площадка		12	6
Под навесом			6
В морской воде			
Значения коэффициента Сенерсена, %			
Условия	Открытая площадка	Под навесом	После старения в морской воде
Открытая площадка		63,15	16,67
Под навесом			20,00
В морской воде			

Как видно из табл. 3, общее число видов снижается при изменении условий в направлении «открытая площадка — навес — морская вода». Это может быть обусловлено тем, что последняя гидрофобизирует составы.

Все виды можно условно поделить на очень редко (< 2 %), редко (2…10 %) и часто (> 10 %) встречающиеся. Как правило, доминирующих видов мало, но встречаемость их в природных сообществах высока. Показано, что очень редко встречающиеся виды грибов составляют 53 % от всего видового разнообразия. Наибольшая численность характерна для трех видов грибов: Alternaria brassicae, Penicillium nigricans и Fusarium moniliforme. Их суммарная встречаемость составила 34 %.

Была исследована встречаемость более крупных таксономических групп литобионтных грибов — родов. Результаты приведены на рис. 1.

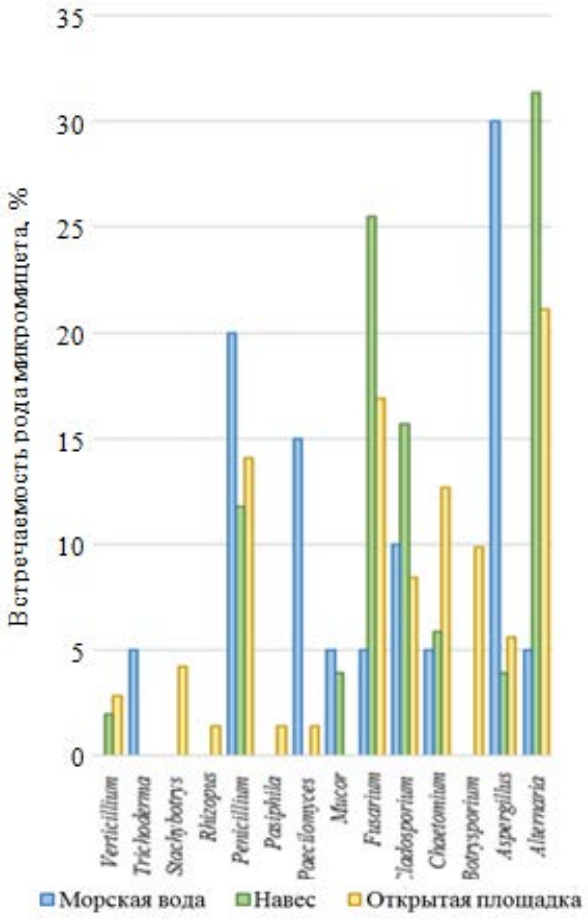


Рис. 1. Встречаемость родов микромицетов в зависимости от условий окружающей среды

Из рис. 1 видно, что встречаемость следующих родов при выдержке материалов в водных условиях значительно увеличивается в сравнении с наземно-воздушными условиями: Penicillium (встречаемость увеличивается с 12…14 до 20 %), Aspergillus (с 4…6 до 30 %), Paecilomyces (с 2 до 15 %) и

Trichoderma (с 0 до 5 %). Напротив, роды Stachybotrys (встречаемость увеличивается с 0 до 4 %), Chaetomium (с 5…6 до 13 %) и Botrysporium (с 0 до 10 %) активнее развиваются в условиях открытой площадки. Для развития рода Alternaria (с 21 до 31 %) предпочтительна наземно-воздушная среда, однако для наилучшего роста и спороношения этому грибу необходимы сравнительно стабильные температурные и влажностные условия, что достигается в условиях экспозиции образцов под навесом. Также к грибам, хорошо развивающимся при экспозиции в условиях под навесом, можно отнести Fusarium (рост встречаемости с 17 до 26 %) и Cladosporium (с 10 до 16 %).

Внутриродовое разнообразие видов также изменяется в зависимости от условий экспонирования образцов. Полученные данные отражены на рис. 2.

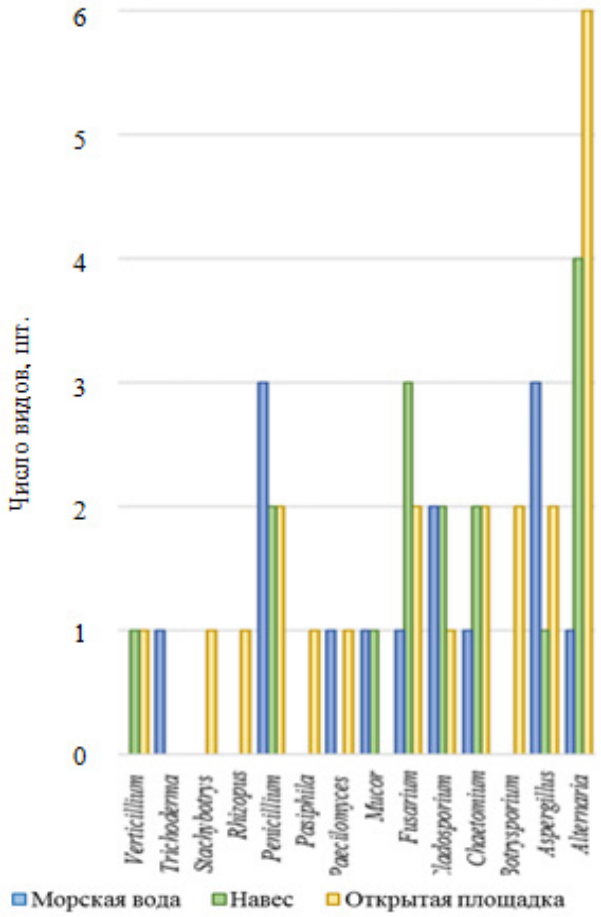


Рис. 2. Разнообразие видов каждого рода микромицетов в зависимости от условий окружающей среды

На следующем этапе изучено влияние количества вносимого технического углерода и пластифицирующей добавки на видовое разнообразие культур. Матрица планирования и рабочая матрица отражены в табл. 4, а результаты эксперимента — в табл. 5 и на рис. 3.

Таблица 4

Матрица планирования и рабочая матрица

Номер опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица	
	X_1	X_2	Содержание черной сажи, %	Содержание пластификатора Melflux PP 100, %
1	–1	–1	0	0
2	0	–1	15	0
3	+1	–1	30	0
4	–1	0	0	0,3
5	0	0	15	0,3
6	+1	0	30	0,3
7	–1	+1	0	0,6
8	0	+1	15	0,6
9	+1	+1	30	0,6

Таблица 5

Данные математической обработки результатов эксперимента

Показатели	Условия экспозиции		
	Открытая площадка	Под навесом	В морской воде
Полиномиальное уравнение для определения числа видов	$8{,}44 + 1{,}17X_1 - 0{,}67X_1^2 + 0{,}5X_1X_2 - 0{,}17X_2^2$	$7{,}33 + 0{,}17X_1 - 0{,}33X_2 - 1{,}5X_1^2 + X_1X_2 - X_2^2$	$5 - 0{,}5X_1 - 2X_2 + 0{,}5X_1^2 + 2X_1X_2 - 2X_2^2$
Наилучшее содержание компонентов для условий			
Технический углерод, %	20…30 или 0	27…30 или 0,0…2,5	26…30 или 0…10
Пластификатор, %	0,00…0,15 или 0	0,0…0,1 или 0,4…0,6	0,0…0,1 или 0,6

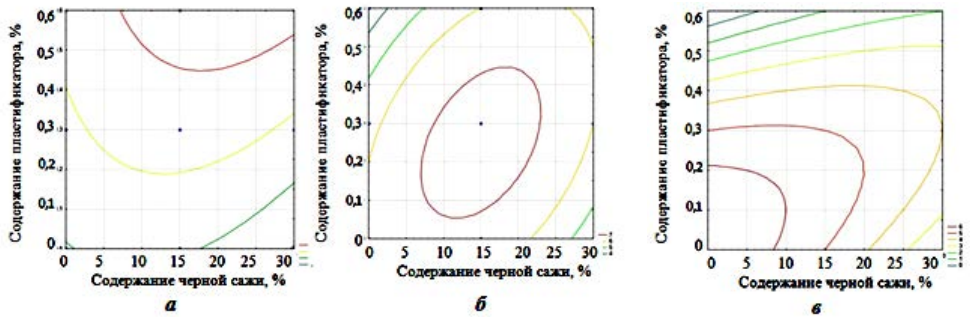


Рис. 3. Данные математической обработки результатов эксперимента по определению видового состава микроорганизмов с образцов: *а* — на открытой площадке; *б* — под навесом; *в* — в морской воде

Оптимальным составом, обеспечивающим наибольшую биостойкость для всех трех условий выдержки материалов, является состав цементного композита, содержащий 29…30 % технического углерода и пластифицирующей добавки 0,0…0,1 % от массы цемента. При этом видовое разнообразие на

образцах, экспонированных на открытой площадке, составило шесть видов, под навесом — четыре вида, в морской воде — три вида. Столь существенное снижение видового разнообразия при эксплуатации материала в морской воде во многом объясняется гидрофобизирующими свойствами технического углерода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беленький Е. В., Рискин Н. В.* Химия и технология пигментов. Л. : Химия, 1974. 756 с.

2. *Идейкин Е. А., Лейбзон Л. Н., Толмачев И. А.* Пигментирование лакокрасочных материалов. Л. : Химия, 1986. 160 с.

3. *Sullivan C.* The benefits of tried and true iron oxide pigment // Concrete Decor & Professional Trade Publications Inc. 2010. Vol. 10. URL: https://www.concretedecor.net/departments/staining-coloring/trowel-error-iron-oxide-the-workhorse.

4. *Hospodarova V., Junak J., Stevulova N.* Color pigments in concrete and their properties // Pollack Periodica. 2015. Vol. 10. No. 3. Pp. 143—151. URL: https://www.researchgate.net/publication/283276683_Color_pigments_in_concrete_and_their_properties.

5. *Шампетье Г., Рабатэ Г.* Химия лаков, красок и пигментов : в 2 т. / Пер. с фр. ; под ред. А. А. Беловицкого. М. : Госхимиздат, 1962. Т. 2. 576 с.

6. *Емельянов Д. В., Балатханова Э. М., Болдина И. В.* Исследование физико-механических свойств цементных композитов, наполненных техническим углеродом // Прогрессивные технологии в современном машиностроении : сб. ст. X Междунар. науч.-техн. конф. Пенза : ПДЗ, 2014. С. 88—94.

7. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных материалов / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. Н. Богатова и др. // Инженер.-строит. журн. 2012. № 7(33). С. 23—31.

8. Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе эпоксидных смол в условиях влажного морского климата / В. Т. Ерофеев, А. В. Лазарев, А. Д. Богатов и др. // Изв. КазГАСУ. 2013. № 2(24). С. 233—237.

9. Стойкость полимерных композитов на основе полиэфиракрилатной смолы в условиях влажного морского климата / В. Т. Ерофеев, А. В. Мышкин, Е. Н. Каблов и др. // Регион. архитектура и стр-во. 2014. № 3. С. 5—12.

10. *Ерофеев В. Т., Смирнов В. Ф., Морозов Е. А.* Микробиологическое разрушение материалов / Под ред. В. Т. Ерофеева и В. Ф. Смирнова. М. : АСВ, 2008. 128 с.

11. Видовой состав микофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе полиэфиракрилатной смолы в условиях влажного морского климата / В. Т. Ерофеев, А. В. Мышкин, Е. Н. Каблов и др. // Регион. архитектура и стр-во. 2014. № 2(19). С. 22—29.

12. Видовой состав микрофлоры, выделенной с полимерных композитов на основе эпоксидных смол в условиях влажного морского климата / В. Т. Ерофеев, А. В. Мышкин, Е. Н. Каблов и др. // Изв. КазГАСУ. 2013. № 4(24). С. 233—237.

13. *Беккер З. Э.* Физиология и биохимия грибов. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. 230 с.

14. *Великанов Л. Л., Сидорова И. И.* Некоторые биохимические аспекты в экологии грибов // Успехи микробиологии. 1983. Т. 18. С. 112—132.

15. *Дьяков Ю. Т.* Грибы и растения // Природа. 2003. № 5. С. 65—71.

16. *Инсодене Р. В., Лугаускас А. Ю.* Ферментативная активность микромицетов как характерный признак вида // Проблемы идентификации микроскопических грибов и других микроорганизмов. Вильнюс, 1987. С. 43—46.

17. Курс низших растений / Под ред. М. В. Горленко. М. : Высш. шк., 1981. 504 с.

18. *Мюллер Э., Леффлер В.* Микология. М. : Мир, 1995. 344 с.

19. *Смирнов В. В., Зайченко А. М., Рубежняк И. Г.* Микотоксины: фундаментальные и прикладные аспекты // Современные проблемы токсикологии. 2000. № 1. С. 13—18.

20. *Баринова К. В., Щипарев С. М., Власов Д. Ю.* Органические кислоты микромицетов-биодеструкторов. Экологическое значение, метаболизм, зависимость от факторов среды. М. : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. 80 с.

21. Биоповреждения в строительстве / Ф. М. Иванов, С. Н. Горшин, Дж. Уайт и др.; под ред. Ф. М. Иванова, С. Н. Горшина. М. : Стройиздат, 1984. 320 с.

22. *Звягинцев Д. Г.* Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1973. 175 с.

23. *Каравайко Г. И., Жеребятьева Т. В.* Бактериальная коррозия бетонов // Докл. АН СССР. 1989. Т. 306. № 2. С. 477—481.

24. Влияние старения вяжущих на их биологическую стойкость / В. Т. Ерофеев, А. Д. Богатов, С. Н. Богатова и др. // Изв. КазГАСУ. 2010. № 2(14). С. 213—217.

25. Исследование долговечности битумных композитов в условиях переменной влажности, ультрафиолетового облучения и морской воды / В. Т. Ерофеев, А. И. Сальникова, Е. Н. Каблов и др. // Фундам. исслед. 2014. № 12-12. С. 2549—2556.

26. *Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т., Бобрышев А. Н.* Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Изв. Юго-Зап. гос. ун-та. 2011. № 5-2(38). С. 415—421.

27. Биологическая и климатическая стойкость полимерных композитов / В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов, А. В. Лазарев и др. // Academia. Архитектура и стр-во. 2017. № 1. С. 112—119.

28. *Кряжев Д. В., Смирнов В. Ф.* Роль факторов климатического старения в оценке устойчивости лакокрасочных материалов наружного применения к действию микроскопических грибов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2010. № 3. С. 44—47.

29. *Тихомиров В. Б.* Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). М. : Легк. индустрия, 1974. 263 с.

30. *Данилов А. М., Гарькина И. А., Прошин А. П.* Планирование эксперимента. Обработка опытных данных. Пенза : ПГУАС, 2005. 284 с.

31. *Евдокимов Ю. А., Колесников В. И., Тетерин А. И.* Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. М. : Наука, 1980. 228 с.

© Ельчищева Т. Ф., Ерофеева И. В., Санягина Я. А., Ушкина В. В., Казначеев С. В., Акчурин Т. К., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Биологическая стойкость окрашенных в черный цвет цементных композитов / Т. Ф. Ельчищева, И. В. Ерофеева, Я. А. Санягина, В. В. Ушкина, С. В. Казначеев, Т. К. Акчурин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 76—86.

Об авторах:

Ельчищева Татьяна Федоровна — канд. техн. наук, доц., Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ). Российская Федерация, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106/5; elschevat@mail.ru

Ерофеева Ирина Владимировна — канд. техн. наук, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68; ira.erofeeva.90@mail.ru

Санягина Яна Андреевна — технический директор, ООО «Научно-производственное объединение „3Д Бетон“». Российская Федерация, 440026, г. Пенза, ул. Володарского, 2, оф. 113; info@3dbeton.ru

Ушкина Виктория Валентиновна — канд. тех. наук, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; ntaevv@mail.ru

Казначеев Сергей Валерьевич — канд. тех. наук, доц., Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Российская Федерация, 430005, г. Саранск, ул. Советская, 24; kaznacheevsv@mail.ru

Акчурин Талгать Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Tatyana F. Yelchishcheva[a], Irina V. Erofeeva[b], Yana A. Sanyagina[c], Victoria V. Ushkina[b], Sergey V. Kaznacheev[b], Talgat K. Akchurin[d]

[a] Tambov State Technical University
[b] Ogarev Mordovia State University
[c] LLC Research and Production Association "3D-Beton"
[d] Volgograd State Technical University

BIOLOGICAL RESISTANCE OF BLACK STAINED CEMENT COMPOSITES

The article presents the results of the study of the resistance of cement composites to the biological resistance of cement composites. Decorative compositions filled with black soot (carbon black) were considered. It has been shown that black building mixtures are widely used as a connecting layer in brickwork, plastering mortars with increased architectural expressiveness of hydraulic structures in antifouling coatings, etc. During operation in such construction facilities, materials are exposed to ambient air and seawater. Such environments lead to the development of microscopic organisms on 50 % of products and structures. The article reveals the species composition of microorganisms on cement composites containing a different amount of carbon black. This also changed in the compositions of the superplasticizer, which was Melflux PP 100. To find the rational composition of the decorative composition, the methods of mathematical planning of the experiment were used when implementing the experiment plan using biological research methods, the species composition of microorganisms was determined after exposure in the airspace of an open area and under a canopy, as well as in sea water. It was revealed that the total number of species decreases when conditions change in the direction of the open area — canopy — sea water. The largest number is characteristic of 3 species of fungi: Alternariabrassicae, Penicilliumnigricans and Fusariummoniliforme. Their total occurrence was 34 %.

The optimal composition providing the greatest resistance to bioburden for all 3 conditions of materials holding is the composition of the cement composite containing 29…30 % of technical carbon and plasticizing additive 0.0…0.1 % of the cement weight. At the same time, the species diversity on the samples exhibited on the open area was 6 species, under the canopy — 4 species, in seawater — 3 species.

K e y w o r d s: decorative cement composites, black soot, superplasticizer, optimization, experimental planning, species composition of microorganisms, air medium, sea water, biological resistance.

For citation:

Yelchishcheva T. F., Erofeeva I. V., Sanyagina Ya. A., Ushkina V. V., Kaznacheev S. V., Akchurin T. K. [Biological resistance of black stained cement composites]. *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], 2022, iss. 3, pp. 76—86.

About authors:

Tatyana F. Yelchishcheva — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Tambov State Technical University. 106/5, Sovetskaya st., Tambov, 392000, Russian Federation; elschevat@mail.ru

Irina V. Erofeeva — Candidate of Engineering Sciences, Ogarev Mordovia State University. 68, Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; ira.erofeeva.90@mail.ru

Yana A. Sanyagina — Technical Director, LLC Research and Production Association "3D-Beton". 2, Volodarskogo st., Penza, 440026, Russian Federation; info@3dbeton.ru

Victoria V. Ushkina — Candidate of Engineering Sciences, Ogarev Mordovia State University. 68, Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; ntaevv@mail.ru

Sergey V. Kaznacheev — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Ogarev Mordovia State University. 68, Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russian Federation; kaznacheevsv@mail.ru

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

УДК 691; 693.75

П. М. Жук, Ф. Н. Коршаков

Московский архитектурный институт (Государственная академия)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОМПЛЕКСНОМ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ТЕРРИТОРИЙ

Современные материалы, используемые при благоустройстве территорий, должны соответствовать критерию многофункциональности, причем одна или несколько функций, как правило, определяются условиями среды и позволяют повышать параметры ее безопасности, комфортности и эффективности с различных точек зрения. Работа с такими материалами на этапе проектирования должна проводиться комплексно и учитывать принципы поддержания динамического равновесия в рамках природно-техногенных систем. Отдельные возможности такого подхода рассматриваются в настоящей работе.

Ключевые слова: материалы для мощения, интеллектуальные материалы, отрицательная обратная связь.

Важным аспектом благоустройства территорий является комплексное формирование требований и параметров организуемых пространств городской и сельской среды, к которым относятся параметры безопасности, эстетические, экологические аспекты. Для реализации целей современного проекта комплексного благоустройства территорий зачастую необходимо использовать материалы и технологии, позволяющие отреагировать на специфические для места расположения условия и привнести в проектное решение дополнительный позитивный вклад, а в некоторых случаях даже определять высокий уровень комфортности и благоустройства архитектурной среды. В частности, среди основных показателей современных материалов для комплексного благоустройства стоит выделить технико-экономическую эффективность (включая энергосбережение при эксплуатации и технологии производства и монтажа); экологические показатели (минимальные воздействия на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла); параметры безопасности (безопасность при затоплении территорий, противопожарные свойства, механические характеристики, включая сопротивление скольжению, требования универсального дизайна, позволяющие вывести доступность и безопасность на самый высокий уровень). Особую роль играют также эстетические характеристики, к которым относятся цветовые решения, фактуры, рисунки или природные текстуры, а также форма изделий.

Архитектурная интеграция солнечных элементов добралась и до систем благоустройства. Здесь, как и в случае с интеграцией в части зданий, принципиальную роль играет экономное отношение к используемой площади. Если при встраивании в здание экономия касается площади участка, то в системах благоустройства речь идет о попытке использования дорожных покрытий для выработки энергии. Однако однозначную оценку таких решений давать рано. Некоторые примеры систематизированы в табл. 1 с рассмотрением материалов и основных недостатков.

Таблица 1

Примеры интеграции солнечных элементов в дорожные покрытия

Характеристика объекта	Примененные материалы	Недостатки и последствия
Велосипедная дорожка, длина 70 м. Месторасположение: Кроммени (Нидерланды). 2014	Кремниевые фотоэлементы размером 3,5 × 2,5 м с защитой из закаленного стекла толщиной 1 см	Производится на 30 % меньше энергии по сравнению с расположением аналогичной системы на кровле
Дорога из солнечных панелей. Площадь 2800 м^2. Месторасположение: Турувр-де-Пеш (Нормандия, Франция). 2016	Специальные панели из поликристаллического кремния в основе из прозрачных полимеров и смол с высокой светопрозрачностью. Толщина покрытия 2 мм, что позволяет укладывать на асфальтовое покрытие	На момент 2018 г. установлены разрушения в местах стыка элементов, повышенный уровень шума. Отклонение от проектных показателей энергоэффективности с постоянным снижением показателя выработки энергии
Солнечная дорога. Месторасположение: Сандпойнт (штат Айдахо, США). 2016	Панели шестиугольной формы в оболочке-ламинаторе	К 2019 г. свыше 80 % панелей оказались сломаны из-за ненадежности ламинатора. У некоторых панелей разрушены фотогальванические элементы, у некоторых — светодиодные системы, а также нагревательные элементы для защиты от снега и льда
Солнечная магистраль, длина 1 км. Месторасположение: Цзинань (Шаньдун, КНР) [1]	Трехслойная система, включающая гидроизоляционный слой, солнечную панель, защитный слой из прозрачного бетона	Низкая антивандальная устойчивость привела к краже одной из панелей и повреждению расположенных рядом. Высокая стоимость материала

Из табл. 1 видно, что устойчивость покрытия с использованием солнечных элементов к воздействиям окружающей среды и передвигающихся по такому покрытию дорог оставляет желать лучшего. В частности, это касается воздействия загрязнений, влаги, а также автомобилей. При проходе пешеходов стоит учитывать показатели сопротивления скольжению покрытия. В связи с перечисленными причинами солнечные панели размещаются также на обочине дороги. На пешеходных путях и велосипедных дорожках в связи с несколько меньшей нагрузкой покрытия представляются интересным вариантом при учете всех перечисленных факторов.

Выработка энергии дорожными покрытиями связана далеко не только с использованием энергии солнца. Активно развивается направление пьезоэлектрического преобразования энергии, которая вырабатывается за счет прогиба материала при проходе пешеходов [2, 3]. Вторым похожим направлением работы с воздействиями при ходьбе является трибоэлектрическая генерация, которая происходит при трении между волокнами с разными возможностями привлечения (или отталкивания) электронов по принципу образования статического заряда.

Первое направление — пьезогенерация — связана со сбором энергии колебаний при движении по покрытию. Это осуществляется с помощью кристалла (пьезоэлектрического преобразователя), который изготавливается из поляризованной пьезокерамики (например, на основе цирконата-титаната свинца, ЦТС), т. е. имеет достаточно высокую стоимость и содержит в составе тяжелый металл, что сильно осложняет переработку и в целом завершение жизненного цикла. В связи с этим ведущие производители пытаются использовать безупречные с точки зрения вспомогательные компоненты плитки — покрытие из стекла, поверхностный слой, состоящий в значительной доле (до 90 %) из продуктов переработки резиновых шин, а также снизить в целом материалоемкость изделия без потери прочностных характеристик. Однако эти решения не оказывают влияния на вопросы жизненного цикла пьезоэлектрических преобразователей. В связи с этим ведется разработка новых материалов, которые позволят совершенствовать процесс выработки энергии покрытием при прохождении людей. К таким материалам относятся волокна поливинилиденфторида (ПВДФ), молекулы которого обладают перпендикулярным оси полимерной цепи дипольным моментом (за счет электроотрицательности фтора), что позволяет получать пьезо- и сегнетоэлектрические свойства [4]. Одним из возможных альтернативных вариантов является обработка специальным составом нановолокон целлюлозы, для того чтобы при контакте с необработанными нановолокнами происходил обмен зарядом, а при снятии нагрузки от шагов заряд перетекал обратно во внешнюю цепь [5]. При сравнении параметров воздействия на окружающую среду некоторых материалов для мощения можно сделать выводы об их эффективности (табл. 2).

Таблица 2

Показатели эффективности плитки для выработки энергии

Материал	Экономия (выработка энергии)*	Углеродный след кг CO_2 на 1 $м^2$ покрытия	Долговечность внутри / на улице
Поляризованная пьезокерамика (ЦТС) (плитка)	8,4 мВт	5,87**	20 / 5
Нановолокна PVDF	4 мкВт/ $см^3$	3,92	20 / нет данных
Нановолокна/нанотекстиль (листовые изделия)	6 мВт/ $см^3$	2,11	20 / нет данных

Примечание: * — по данным [6]; ** — на основе расчетов [7].

Из табл. 2 следует, что энергетическая эффективность нановолокна ПВДФ значительно уступает иному нановолокну и пьезокерамике. Недостатком пьезокерамики является несколько больший углеродный след (с учетом этапов производства плитки, эксплуатации и утилизации). Однозначным преимуществом пьезокерамики является возможность применения на улице, в том числе в системах комплексного благоустройства. В частности, плитка ЦТС выдерживает около 20 млн нажатий с прогибом около 5 мм, что приблизительно эквивалентно пяти годам эксплуатации. Исследования возможности применения иных технологий в условиях атмосферных и механических воздействий находятся в активной стадии.

Важнейшим аспектом при мощении является вопрос инфильтрации атмосферных осадков и предотвращения так называемого запечатывания почв. С этой точки зрения стоит рассматривать несколько вариантов проницаемых для воды систем мощения. Некоторые варианты таких систем представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительный анализ проницаемых для воды систем мощения

Наименование и принцип организации системы	Коэффициент водопроницаемости системы	Эксплуатационные особенности
Пористые камни для мощения	Водопроницаемость $5{,}4 \cdot 10^{-5}$ м/с, определяется из расчета осадков 270 л/(с · га). Показатель морозостойкости в потерях массы составляет не более 0,5 %	Поверхностный слой и бетонная основа должны иметь открытые сквозные поры и быть неразделимы друг с другом. Минимальная толщина 6 см (погрешность по размеру 3 мм — длина, ширина; 5 мм — толщина)
Системы с проницаемыми швами	Расчет требуемой водопроницаемости для плитки с проницаемыми швами, м/с, производится по формуле $Kf = (5{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot 100)$ / доля швов в процентах	Необходим уход за покрытием при прорастании травы и его систематическая очистка
Камни сетки газона	Коэффициент водопроницаемости для камней сетки газона должен превышать $Kf > 5{,}4 \cdot 10^{-5}$ м/с	Газон требует постоянного ухода

Материалы для проницаемых для воды систем могут различаться. Как правило, это различные изделия (плитка, в том числе фасонные элементы) из бетона. Параллельно с этим для организации систем дренажа ведутся разработки и исследования так называемого ультрапористого крупнозернистого бетона с высокой проницаемостью для воды (до 3,6 т/ч) при сохранении высоких прочностных характеристик покрытия. Применение такого материала позволит практически полностью избежать запечатывания почв и обеспечить безопасность при затоплении поверхностными водами в период максимального выпадения осадков. Крупнозернистый бетон имеет пористость до 35 %. Пока у самых современных разработок в этой сфере имеются определенные ограничения на применение в местах интенсивного движения транспорта, на склонах и в зонах возможного проскальзывания. Попадающая в поры вода может расширяться до определенного уровня при замерзании без разрушающего влияния на материал [8], но при накоплении влаги в значительном количестве (например, при загрязнении) разрушения все-таки возможны, поэтому стоит проводить первые испытания в южных регионах. С точки зрения воздействия химических веществ материал довольно устойчив, так как системы с его применением, как правило, не предусматривают стальной арматуры. Рассматриваются три основных варианта применения ультрапористого

крупнозернистого бетона на практике: полная или частичная инфильтрация, полное осушение. Полная инфильтрация предусматривает уход воды через поверхностный и иные слои покрытия непосредственно в грунт. Дренажные системы при этом не используются. Часть воды может задерживаться в дорожном покрытии до ухода в грунт. При частичной инфильтрации проницаемость грунта существенно меньше, чем при полной инфильтрации. В связи с этим в подстилающем слое устанавливают трубы дренажной системы для отвода той части воды, которая не может проникнуть в грунт. Система полного осушения применяется там, где необходима рециркуляция при непроницаемых грунтах или возможном загрязнении воды. Под верхним слоем ультрапористого бетонного покрытия над грунтом в этом случае устанавливают непроницаемую мембрану, а собранную воду используют для технических нужд.

Кроме вопросов работы покрытия с водой стоит также рассмотреть особенности функционирования покрытий при высоких температурах и при повышенном загрязнении атмосферного воздуха. В южных регионах существует проблема сильного нагревания поверхности темного асфальта (температура выше температуры окружающей среды на 25 °С). В связи с этим в столице Катара г. Доха был начат эксперимент по окраске дорожного покрытия в голубой цвет специально разработанным в Японии составом. Температура может быть снижена на 15…20 °С при помощи таких мер.

Одним из существенных факторов загрязнения атмосферного воздуха в городе являются оксиды азота, в том числе входящие в состав выхлопных газов автотранспорта. С 2010 г. ведутся исследования по возможному снижению такого вида загрязнения при помощи материалов для мощения. Технология предусматривает импрегнирование камней для мощения соединением с диоксидом титана, который нуждается в фотокатализации (функционирует при действии солнечного света). В результате материалы для мощения адсорбируют загрязнители воздуха и ускоряют реакции преобразования в менее опасные нитраты. Полевые испытания показали снижение концентраций NO на 41 %, а NO_2 — на 25 % на высоте 3 м при определенной интенсивности солнечного света [9]. В настоящее время ведутся исследования количества площадей, которые можно оборудовать таким материалом при благоустройстве территорий (в том числе с учетом затененности), а также долговечности получаемого эффекта и безопасности технологии для окружающей среды.

Определенную роль играет возможность снижения шума от передвижения автомобильного транспорта за счет использования специализированных дорожных одежд, и в частности дорожных покрытий. Это позволяет повысить комфортность пребывания людей вблизи трасс, а также дает возможность экономить на мероприятиях по защите от городского шума. Одним из примеров является пористый мастичный асфальт (ПМА). Вариантом состава является композиция со смешанным крупным заполнителем (известняк и диабаз (фракция 2…5 мм)), песком (10…11 %) на основе битумного связующего низкой кинематической вязкости с добавлением улучшителя адгезии (вариант связующего SueBit V35, вводимый в композицию в количестве 7 %). Уровень звукового давления такого покрытия снижается почти на 10 дБ(А) [10].

Кроме материалов для мощения, необходимо рассмотреть материалы и системы для малых архитектурных форм и элементов благоустройства. В частности, одним из важнейших элементов комплексного благоустройства является скамейка в парковой зоне [11, 12]. Для скамейки могут использоваться разнообразные материалы, но особенно интересными с точки зрения обеспечения комфортности являются попытки интегрировать в эту малую форму солнечные модули для генерации электроэнергии (рис. 1 и 2).

Рис. 1. Скамейка, оборудованная солнечной панелью, зарядными устройствами и Wi-Fi (Норвегия)

Рис. 2. Скамейка с солнечным элементом Soofa перед Центром энергетических инноваций в г. Ратленд (штат Вермонт, США)*

Представленные на рис. 1 и 2 варианты интеграции солнечных элементов в скамью имеют как преимущества, так и недостатки. Например, вариант интеграции в поверхность для сидения очевидно при занятии скамейки будет связан со снижением эффективности поглощения солнечной энергии, а также требует применения защитного покрытия модулей для обеспечения приемлемого срока службы. Вариант отдельного элемента, устанавливаемого на скамью, имеет преимущество универсальности (сочетаемости с разными типами). Однако площадь поглощения солнечных лучей меньше, чем в варианте, представленном на рис. 1. Также обычно уменьшается количество мест для сидения. Хотя при этом положительным моментом можно считать возможность использовать дополнительное оборудование скамейки в качестве опоры для сидящего с учетами особенностей эргономики. В целом серьезными направлениями развития скамей с солнечными элементами являются как применяемые материалы, так и особенности дизайна. В этом отношении стоит учитывать современные достижения в работе с солнечной энергией. В частности, некоторые материалы, которые позволяют увеличивать эффективность солнечных элементов за счет расширения диапазона поглощаемой энергии (в области коротких волн) и за счет оптимизации запрещенной зоны, могут интегрироваться совместно с получившими широкое распространение в солнечных элементах материалов из монокристаллического, поликристаллического и аморфного кремния. К таким материалам относятся, например, соединения, относящиеся по кристаллической структуре к минералу халькопириту (соединения типа селенид меди-индия-галлия). Также к таким мате-

* URL: https://soofadigital.com/blog/?offset=1466791580193.

риалам относятся соединения структуры перовскита (в том числе с галогенидом свинца и арсенидом галлия-индия). При использовании таких материалов, особенно с использованием технологии нанесения слоя перовскита на слой кремния, стоит учитывать сложности с этапом завершения жизненного цикла этих материалов, в том числе в связи с наличием тяжелых металлов. Таким образом, при проектировании элементов комплексного благоустройства территорий важны как вопросы архитектурно-дизайнерской интеграции солнечных модулей, так и вопросы рационального выбора материала.

В рамках анализа материалов для малых архитектурных форм стоит кратко остановить внимание на аддитивных технологиях (материалы для 3D-печати), а также на штучных изделиях. В отношении печати малых форм перспективным направлением является использованием материалов на основе биологически разлагаемых органических материалов (в частности, на основе льняного масла). Пример Urban Cabin архитектурного бюро DUS Architects из Нидерландов — наиболее яркая иллюстрация такого решения на территории заброшенной промышленной зоны Амстердама [13]. С учетом доступности сырья такой вариант материала для малых форм прекрасно подходит для использования в благоустройстве сельских территорий. Принципиальной является сотовая структура материала, которая облегчает формируемый конструктивный элемент, а также при необходимости позволяет заполнять эти части иными материалами как более высокой, так и низкой плотности, в том числе выступая в качестве несъемной опалубки. В качестве аналогичного материала на основе отходов сельскохозяйственного производства можно рассматривать материалы, изготавливаемые с помощью мицелия. В качестве сыпучих субстратов применяются стерилизованные или прошедшие пастеризацию опилки, шелуха риса и просо, скорлупа грецкого ореха, отработанные картон и пенопласт. В качестве живого компонента применяются вешенки, шиитаке или рейши. В настоящее время проводится ряд исследований по сочетаниям субстрата и мицелия, а также по технологическим особенностям процесса роста и свойствам полученных строительных материалов [14]. Успешность применения таких материалов для малых архитектурных форм продемонстрирована архитектурной инсталляцией Hy-Fi по проекту Дэвида Бенджамина, которая состоит из кирпичей с мицелием на субстрате из кукурузных стеблей (техника выращивания разработана Ecovative Design) [15]. В настоящее время запускаются первые испытания по сочетанию биоразлагаемой опалубки и технологии выращивания материалов на основе мицелия на разных субстратах, что может позволить выращивать изделия более крупных размеров.

Активация интеллекта материалов на разных стадиях их жизненного цикла (при эксплуатации в системах благоустройства или в процессе производства) основывается прежде всего на принципе отрицательной обратной связи, под которой понимается обратная связь (реакция компонента системы), уменьшающая отклонение от оптимума. В качестве оптимума рассматриваются параметры, заложенные в проект комплексного благоустройства территории (энергетическая эффективность, комфортность, доступность и многое другое). Как несложно убедиться, практически все описанные выше свойства строительных материалов и технологий в комплексном благоустройстве территорий прекрасно описываются в рамках аналитического

инструмента отрицательной обратной связи, в рамках которой в экосистемах обеспечивается гомеостаз. На рис. 3 приведена схема работы отрицательной обратной связи в отношении применения строительных материалов в благоустройстве территорий.

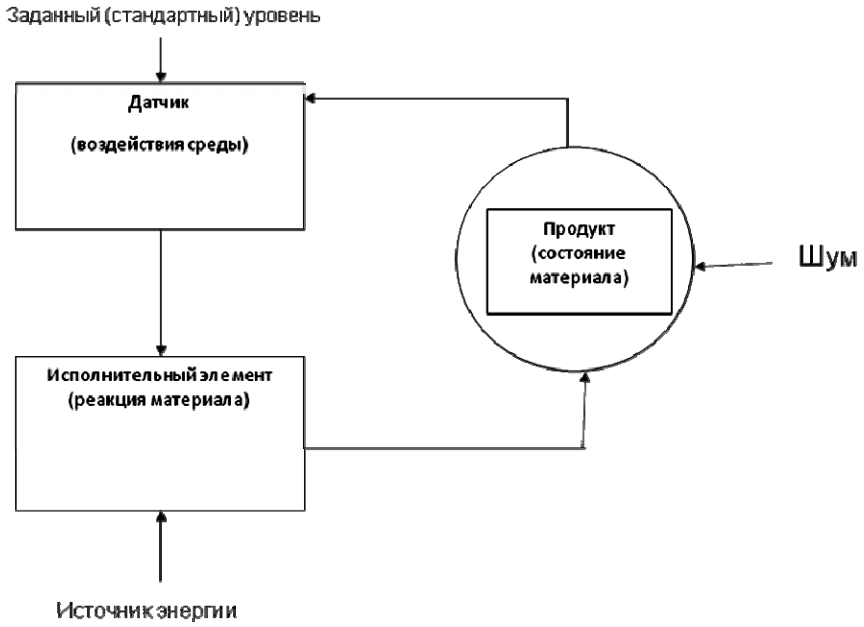


Рис. 3. Схема функционирования отрицательной обратной связи при выборе интеллектуальных строительных материалов в системах комплексного благоустройства территорий

Из приведенной схемы можно сделать вывод о том, что учет механизмов динамического равновесия при выборе материалов в проектах благоустройства территорий является перспективным подходом, позволяющим принимать во внимание значительное количество факторов среды, обеспечивая ее комфортность, эстетическую привлекательность и самое главное — высокий уровень безопасности, в том числе с экологической точки зрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сазонов С. Л., Чэнь Сяо.* Опыт Китая по развитию технологий производства аккумуляторов и инфраструктуры заправочных станций для электромобилей // Транспорт на альтернативном топливе. 2018. № 3(63). С. 39—51.

2. Energy generation and implementation of power floor (pavegen) / S. Patil, S. Parsewar, B. Pranav, S. Aade, S. Hanmante // International Research Journal of Engineering and Technology. 2019. Vol. 6. Iss. 4. Pp. 3202—3205.

3. *Bekzhanova Z., Kumarova S., Seitzhan S.* The Application of piezoelectric technology for human energy harvesting in Korea and Kazakhstan. URL: https://www.researchgate.net/publication/335380962_The_Application_of_Piezoelectric_Technology_for_Human_Energy_Harvesting_in_Korea_and_Kazakhstan DOI: 10.13140/RG.2.2.32381.51689.

4. Структура и некоторые свойства нетканых материалов из сополимера винилиденфторида с тетрафторэтиленом, изготовленных методами электроспиннинга и аэродинамического формования: сравнительное исследование / Е. Н. Больбасов, В. Л. Кудрявцева,

К. С. Станкевич, Л. В. Антонова, В. Г. Матвеева, С. И. Твердохлебов, В. М. Бузник // Полимерные материалы и технологии. 2016. Т. 2. № 4. С. 30—38.

5. *Sun C., Shi J., Xudong Wang*. Fundamental study of mechanical energy harvesting using piezoelectric nanostructures // J. Appl. Phys. 2010. Vol. 108.

6. *Elhalwagy A. M., Ghoneem M. Y. M., Elhadidi M.* Feasibility study for using piezoelectric energy harvesting floor in buildings' interior spaces // Energy Procedia. 2017. Vol. 115. Pp. 114—126.

7. *Seow Z. L., Chen S. T., Khairudin N. B.* An investigation into energy generating tiles: pavegen / University of British Columbia. APSC 261 ; UBC Social Ecological Economic Development Studies (SEEDS). Student Report. Vancouver, 2011. P. 11.

8. *Indhu M. P., Krishnamoorthi S., Manivel S.* Experimental investigation of top mix permeable concrete on pedestrian pathway // Materials Research Proceedings. 2021. Vol. 19. Pp. 60—65.

9. *Herrchen M.* Gutachten zur Wirksamkeit AirClean®, dem photokatalytisch aktiven Pflasterstein zur Minderung von Stickoxidkonzentrationen in der Luft. Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und angewandte Ökologie. Schmallenberg, 2010. S. 3.

10. *Sivapatham P., Simmleit N., Jannicke B.* Innovative noise optimized porous mastix asphalt (PMA) for heavy duty highways // 5th Eurasphalt & Eurobitum Congress, June 13—15. Istanbul, 2012.

11. *Матовников С. А., Матовникова Н. Г.* Философия проектирования городских садово-парковых комплексов: путь от традиции к инновации // Изв. Ереванского гос. ун-та архитектуры и стр-ва. 2011. Т. 2. № S24. С. 126—133.

12. *Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Казакова А. В., Христюкова А. С.* Основы проектирования парковой скамейки как малой архитектурной формы в парковой зоне // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 165—175.

13. 3D-печать в строительстве / Н. И. Ватин, Л. И. Чумадова, И. С. Гончаров, В. В. Зыкова, А. Н. Карпеня, А. А. Ким, Е. А. Финашенков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 1(52). С. 27—46.

14. *Yang K.* Investigations of mycelium as a low-carbon building material // ENGS 88 Honors Thesis (AB Students). Dartmouth College. Hanover, New Hampshire, 2020.

15. *Pownall A.* Pavilion grown from mycelium acts as pop-up performance space // Dezeen. 2019. URL: https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week.

© Жук П. М., Коршаков Ф. Н., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Жук П. М., Коршаков Ф. Н. Интеллектуальные строительные материалы в комплексном благоустройстве территорий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 87—96.

Об авторах:

Жук Петр Михайлович — канд. техн. наук, доц., Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ. Российская Федерация, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4; peter_05@bk.ru

Коршаков В. Н. — Московский архитектурный институт (Государственная академия) — МАРХИ. Российская Федерация, 107031, г. Москва, ул. Рождественка, 11/4, корп. 1, стр. 4

Petr M. Zhuk, F. N. Korshakov

Moscow Institute of Architecture (State Academy)

INTELLIGENT BUILDING MATERIALS IN THE COMPLEX IMPROVEMENT OF TERRITORIES

Modern materials used in the improvement of territories must meet the criterion of multifunctionality, and one or more functions, as a rule, are determined by the conditions of the environment and allow increasing its parameters of safety, comfort and efficiency from various points

of view. Work with such materials at the design stage should be carried out in a comprehensive manner and take into account the principles of maintaining dynamic balance within the framework of natural-technogenic systems. Some possibilities of such an approach are considered in the present work.

K e y w o r d s: paving materials, smart materials, negative feedback.

For citation:

Zhuk P. M., Korshakov F. N. [Intelligent building materials in the complex improvement of territories]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 87—96.

About authors:

Petr M. Zhuk — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Moscow Institute of Architecture (State Academy) MARKHI. 11/4, Rozhdestvenka st., Moscow, 107031, Russian Federation; peter_05@bk.ru

F. N. Korshakov — Moscow Institute of Architecture (State Academy) MARKHI. 11/4, Rozhdestvenka st., Moscow, 107031, Russian Federation

УДК 666.972

О. В. Тараканов[а], Т. К. Акчурин[б], Е. А. Белякова[а], Р. Н. Москвин[а]

[а] Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
[б] Волгоградский государственный технический университет

РАСШИРЕНИЕ БАЗЫ КОМПЛЕКСНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

Проанализированы теоретические предпосылки применения карбонатных пород в технологии бетона. Выполнен краткий анализ кристаллохимического строения карбонатов и гидратных фаз цемента. Рассмотрены возможные механизмы активизирующего действия тонкодисперсного кальцита на цементные материалы.

Выполнены экспериментальные исследования прочностных характеристик цементно-песчаных матриц бетонов с добавками одиночных и бинарных минеральных наполнителей. Показано преимущество бинарных систем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: комплексные добавки в бетон, микронаполнители, каменная мука, карбонатные породы, супер- и гиперпластификаторы, кристаллохимические строения, гидратация цемента, кристаллизация цемента, песчано-минеральные системы, прочность, бинарные микронаполнители.

Современные бетоны нового поколения представляют собой многокомпонентные минеральные системы, в которых наряду с традиционными материалами все большее применение находят минеральные микронаполнители и эффективные современные супер- и гиперпластификаторы (СП и ГП). Для получения бетонов с более широким спектром эксплуатационных свойств используются противоморозные, воздухововлекающие компоненты, ингибиторы коррозии, кольматирующие и другие виды добавок. Однако значительное улучшение основных свойств бетонов может быть получено главным образом за счет снижения водопотребности смесей и формирования плотноупакованной структуры бетона. В настоящее время в технологии современных бетонов применяется не столь широкая номенклатура минеральных микронаполнителей: микрокремнеземы, метакаолины, минеральные шламы, металлургические шлаки, золы тепловых электростанций и некоторые другие.

Вместе с тем многие минеральные отходы горнодобывающей и перерабатывающей промышленности являются потенциально пригодными для широкого применения в строительстве. По данным [1], в США и Западной Европе подобные отходы используются на 85…90 %, в то время как для России этот показатель составляет лишь 20…25 %, а в отвалах и на полигонах накоплено около 90 млрд т твердых отходов. В отсевах камнедробления находятся самые высокопрочные фракции щебня 3…5 и 5…10 мм, так как при дроблении происходит обогащение материала по прочности и разрушение проходит по наиболее слабым дефектным зонам. Зарубежный опыт проектирования высокопрочных бетонов свидетельствует о том, что наибольшая эффективность в них достигается при использовании щебня с крупностью зерен 10…16 мм. Для самоуплотняющихся бетонов предпочтительными являются фракции до 10 мм [2, 3]. При использовании мелких щебеночных зерен значительно улучшается растекаемость смесей вследствие

повышенной взвешивающей способности цементного теста из-за снижения сил трения между контактами мелкого щебня, в отличие от крупного. Отсевы камнедробления фракции 0…3 мм могут быть широко использованы в качестве сырья для получения каменной муки для производства высокопрочных и особовысокопрочных бетонов прочностью 150 МПа и выше. Каменная, известняковая, кварцевая, базальтовая, гранитная и т. д. мука в подобных бетонах является обязательным компонентом в смешанной цементно-минеральной системе. Причем в составе бетона каменная мука не заменяет цемент, а дополняет его, создавая дополнительный объем водно-дисперсной матрицы, повышая тем самым эффективность СП и ГП, снижая расход воды и способствуя повышению прочности и улучшению целого ряда эксплуатационных свойств. Одним из основных потребителей минерального сырья является промышленность строительных материалов, и главным образом это относится к многокомпонентным бетонам нового поколения (БНП). В подобных бетонах количество минеральных микронаполнителей может достигать до 100 % массы цемента, и отличительной особенностью БНП является использование тонкомолотых микронаполнителей с целью увеличения объема реологически активной матрицы с целью увеличения водоредуцирующего эффекта и снижения водопотребности бетонных смесей. Другой важнейшей целью является использование микронаполнителей для повышения гидратационной активности и уплотнения структуры бетона. Вполне естественно, что не все микронаполнители могут быть эффективно использованы в качестве гидратационно и реологически активных добавок. Например, пористые материалы, такие как опоки, диатомиты и некоторые другие, не повышают реологическую активность бетонных смесей, однако подобные материалы могут широко использоваться, например, в качестве адсорбентов при ликвидации разливов органических веществ и т. д.

В технологии бетонов нового поколения предпочтение отдается материалам, полученным помолом прочных и плотных горных пород с низким показателем водопоглощения. С точки зрения гидратационной активности предпочтение отдается кремнесодержащим и карбонатным породам.

Все больше внимания в технологии бетона в последние годы уделяется использованию фракционированных песков. В то же время тонкомолотые пески в меньшей степени, чем другие минеральные порошки и цементы, подвержены разжижающему влиянию СП и ГП вследствие отрицательно заряженной поверхности кварца за счет силоксановых групп. Однако в присутствии сложного ионного раствора жидкой фазы цементных систем может происходить изменение зарядового состояния частиц песка, и характер влияния СП и ГП на цементно-песчаные системы может значительно измениться. Кроме того, на поверхности песка с самого начала гидратации могут осаждаться гидраты, и в первую очередь AFm-фаз. Эти вопросы требуют дальнейших исследований, и в настоящее время достаточно сложно прогнозировать гидратацию и твердение многокомпонентных цементно-минеральных систем, особенно в присутствии порошков горных пород, имеющих сложную мозаично заряженную поверхность. Известно одно: цемент является нестабильной гидратирующейся системой, а образующиеся суперколлоидные частицы связывают большое количество воды уже на ранних стадиях гидратации, снижая тем самым эффективность действия СП и ГП. Преимущество

минеральных порошков объясняется их инертностью по отношению к воде, а разжижающее влияние суперпластификаторов на многие тонкомолотые горные породы значительно выше, чем на цементы. Это доказано в работах В. И. Калашникова [4—8] и подтверждается в работе [9]. Помол горных пород является эффективным способом повышения гидратационной активности минеральных частиц, а именно сочетание гидратационной и реологической активности порошков позволяет получать высокопластичные и высокопрочные бетоны. В процессе помола на поверхности частиц появляются дефекты, способствующие усилению адсорбционных процессов, влияющих на последующую кристаллизацию новообразований на активных центрах микронаполнителя [10]. Таким образом, для получения высокопрочных бетонов нового поколения особое значение имеет реакционно-химическое поведение каменной муки.

Следует отметить, что большое влияние при подборе составов традиционных и высокопрочных бетонов оказывает вид и структура пластифицирующих добавок, а также конформационное строение их молекул. Попытки разработки структуры добавок СП и ГП применительно к тому или иному виду цемента или минерального наполнителя не дадут положительных результатов вследствие изменчивости состава цемента и сложного зарядового состояния минеральных частиц. Однако установлено, что СП и ГП, имеющие различную форму основных и боковых цепей, оказывают различное замедляющее влияние на гидратацию силикатных фаз цемента, состояние и стабилизацию гидроалюминатов кальция. В присутствии добавок СП и ГП структура гидросиликатных фаз становится мелкокристаллической, состоящей из твердых растворов близких по строению гидратов, и это является положительным фактором, поскольку переплетение различных фаз упрочняет структуру, но, с другой стороны, наблюдается общая картина замедления гидратации силикатных фаз [11].

Известно [12], что в начальный период гидратации в цементной системе формируются гидраты AFm- и AFt-фаз, связывающие значительное количество воды. Однако в процессе твердения эти гидраты стремятся перейти в наиболее термодинамически стабильную фазу гидроалюминатов кальция C_3AH_6. Эти процессы сопровождаются разуплотнением микроструктуры цементного камня вследствие изменения плотности фаз и протекания вторичной гидратации при высвобождении воды из гидратов метастабильных гидратных фаз. Однако в наших исследования, например, установлено, что в цементном камне гидраты AFm- и AFt-фаз сохраняются в течение 18 лет [13]. Структура гидроалюминатных фаз в присутствии органических добавок становится не только мелкокристаллической, но и значительно искаженной. В наших исследованиях, выполненных ранее, отмечается, что на рентгенограммах алюминатных фаз, гидратированных в присутствии пластификаторов, резко возрастает интенсивность гидратов C_2AH_8 и $C_4AH_{13–19}$, в отличие от контрольных составов, для некоторых характерным является присутствие на рентгенограммах фазы C_3AH_6. Механизм стабилизации гидратов AFm-фаз до конца не ясен, и очевидно, что в его основе лежат электрохимические явления, способствующие изменению структуры связанной межслоевой воды и затруднению ее высвобождению, что приводит к стабилизации гидроалюминатов кальция.

В конечном итоге на кинетику гидратационных процессов, протекающих в наполненных и модифицированных цементных системах, оказывают влияние многочисленные факторы, основными из которых являются химико-минералогический состав и зарядовое состояние частиц цемента и микронаполнителей, состав и строение молекул добавок, условия твердения, плотность упаковки структуры и т. д. В результате этого мы имеем дело с определенным суммарным влиянием этих факторов на процессы гидратации и твердения, и не всегда эти факторы оказывают синергетическое влияние. Известно, например, что практически все пластифицирующие добавки приводят к формированию дефектных и искаженных кристаллизационных гидросиликатных структур и способствуют стабилизации гидроалюминатов кальция. И эта стабилизация при определенных условиях твердения может привести к разуплотнению и «расшатыванию» микроструктуры цементных материалов. Достаточно широко известен «пилообразный» профиль кинетики твердения бетона, состоящий из участков набора и падения прочности в зависимости от условий твердения.

Значительное внимание ученых в последнее время привлекает использование в цементных системах бинарных и более сложных составов микронаполнителей. Подобные комплексы позволяют в определенном смысле нивелировать влияние отдельных негативных факторов и получать более стабильные структуры. Например, микрокремнеземы снижают эффективность СП и ГП, однако в смеси с гранитной каменной мукой позволяют получать высокопластичные смеси и высокопрочные бетоны. Весьма перспективным в технологии бетонов является использование тонкомолотых карбонатных пород, поскольку, во-первых, эти породы являются наиболее распространенными в земной коре, во-вторых, особенности кристаллического строения карбонатных пород и параметры кристаллических решеток, близкие к параметрам решеток кристаллогидратов цементного камня, позволяют говорить о возможности встраивания микрокристаллов кальцита в структуру гидроаллюминатов кальция и эпитаксиального наращивания гидратных фаз цемента на гранях кальцита.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований, касающихся применения карбонатных пород в технологии цементных материалов, свидетельствует о положительном влиянии карбонатов на процессы гидратации [14—19]. Однако эти сведения немногочисленны и в каком-то смысле противоречивы. Возможно, это объясняется многообразием форм кристаллического строения кальцита, что и является причиной его различного поведения в цементных системах. Известно, например, что близость параметров кристаллической решетки портландита $c = 4{,}909$ Å к параметру $\alpha = 4{,}969$ Å гексагональной ячейки кальцита способствует формированию эпитаксиальных контактов срастания при сопряжении плоскости (1120) кальцита, и при определенных условиях возможно формирование контактно кристаллизованных связей, и в результате механического сближения частицы кальцита могут срастаться с кристаллами портландита, что может способствовать повышению прочности цементных композитов [21].

Подобный механизм образования контактов эпитаксиального срастания может быть отнесен и к гидратам AFm-фаз.

Образующиеся в начальный период гидратации кристаллы AFm-фаз имеют слоистую структуру, близкую к структуре Ca(OH) и получающуюся из нее при упорядоченном замещении одного иона Ca^{2+} из трех на Al^{3+} или Fe^{3+}.

В структуре происходит чередование главных слоев с промежуточными, содержащими анионы, компенсирующие заряд и молекулы воды. Замещение Ca^{2+} ионами Al^{3+}, имеющими меньший радиус, приводит к искажению главных слоев. В структуре AFm-фаз элементы скомпонованы таким образом, что образуются октаэдрические полости, окруженные тремя молекулами воды от каждого из примыкающих слоев. Эти полости могут содержать катионы, анионы и молекулы воды, и толщина слоя зависит от природы аниона и от количества межслоевой воды, которая может меняться при ступенчатой дегидратации гидратов AFm-фаз [12]. Поляризация межслоевой воды катионами, проникающими в октаэдрические полости, способствует стабилизации гидратов и замедлению процессов их перекристаллизации.

По результатам краткого анализа можно сделать заключение, что в цементных системах в присутствии кальцита возможно образование контактов срастания с кристаллами $Ca(OH)_2$ и гидратами AFm-фаз.

Многообразие возможных механизмов активизирующего действия кальцитов объясняется многообразием форм (более 200) этих минералов, в структуре которых плоские треугольные группы анионов $(CO)_3^{2-}$ связаны между собой промежуточными катионами. Основное различие между отдельными минеральными видами кальцитов связано с тем, что в их структуру входят дополнительные анионы: $(OH)^-$, F^-, Cl^-, $(PO_4)^{3-}$, $(SO_4)^{2-}$, а также с различной степенью гидратации, обусловленной связанными с катионами молекулами воды, которые могут быть легко удалены при достаточно низких температурах. Кристаллы кальцита обладают изменчивой морфологией: традиционно образуются плоские ромбоэдры, принимающие за счет округления граней линзовидные формы. Кроме того, ромбоэдры могут сочетаться с призмой либо кристаллами, принимают скаленоэдрический габитус и реже — призматический. Известны также сталактитовые, мелоподобные и конкреционные формы. Краткий анализ структуры и кристаллических особенностей кальцита позволяет сделать предположение о высокой степени вероятности формирования в цементных системах, наполненных тонкодисперсным кальцитом, кристаллизационных контактов срастания, способствующих уплотнению структуры и повышению прочности.

В цементных системах в присутствии кальция возможно образование следующих химических соединений:

1. Образование скоутита

$$6CaO \cdot 6SiO_2 \cdot CaCO_3 \cdot 2H_2O \rightarrow [Ca_7Si_6O_{18}(CO_3) \cdot 2H_2O]$$

за счет внедрения карбоната кальция в структуру гидросиликата кальция.

2. Образование основных карбонатов кальция $CaCO_3 \cdot Ca(OH)_2 \cdot H_2O$ в присутствии извести и образование гидрокальцитов $CaCO_3 \cdot 6H_2O$.

3. Образование гидрокарбоалюминатов кальция

$$3CaOAl_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O \text{ и } 3CaOAl_2O_3 \cdot 3CaCO_3 \cdot 31H_2O.$$

Следует отметить, что хотя скоутит и обнаруживается в гидратированном цементе с добавкой кальцита, его роль в формировании прочности не является столь существенной, однако этот вопрос является малоизученным. Известно [22], что с течением времени тоберморит с соотношением Ca / Si > 1 может трансформироваться в другие силикаты кальция, например

C – S – H → тоберморит → ксонотлит. Ксонотлит может иметь также структуру, родственную волластониту. Возможно, это образование ксонотлита является результатом углубленных конденсационных процессов, которые сопровождаются сворачиванием тоберморитовых цепочек с образованием между ними дополнительных силоксановых связей на основе тоберморита

$$Ca_6[Si_6O_{17}H] \cdot (OH)_3 \cdot nH_2O \text{ или } Ca_{4,5}[Si_6O_{17}H] \cdot 1{,}5Ca(OH)_2 \cdot nH_2O.$$

При взаимодействии фазы $Ca_{3,5}[Si_6O_{19}H_7] \cdot 1{,}5Ca(OH)_2 \cdot nH_2O$ с $Ca(OH)_2$ образуется $Ca_6[Si_6O_{17}H_2] \cdot (OH)_4 \cdot nH_2O$ или $Ca_4[Si_6O_{17}H_2] \cdot 2Ca(OH)_2 \cdot nH_2O$.

Анализ рентгенофазовых использований цементного камня, гидратированного в присутствии кальцита, выполненный нами ранее [14], свидетельствует об активации процесса образования $Ca(OH)_2$, и на рентгенограммах были зафиксированы отражения гидросиликатов, близких по структуре к ксонолиту. Очевидно, что повышение прочности образцов с добавкой кальцита можно объяснить не только образованием фаз C – S – H и ксонолита, но и образованием в том числе и скоутита. Изучая процессы гидратации вяжущих веществ в присутствии добавок, следует отметить, что ослабление и разрыв связей в структуре безводных минералов цемента происходит не только за счет образования водородных связей, но и вследствие электрохимических взаимодействий с комплексными макродиполями, аквакомплексами и гидратированными ионами (последние могут характеризоваться как положительной, так и отрицательной гидратацией). С учетом неустойчивой структуры кремнекислородных мотивов, возможности миграции атомов кремния в соседние тетраэдрические пустоты и свойств кремнекислородных радикалов приспосабливаться к основному мотиву кристаллической решетки можно сделать предположение о том, что кремнекислородные радикалы предрасположены к захвату катионов и анионов из растворов при гидратации, с образованием слоистых и ленточных гидросиликатов кальция сложного состава. В отношении возможности образования гидрокарбоалюминатов кальция следует отметить, что эта реакция возможна только при избытке в цементе алюминатных фаз и недостатке гипса, поскольку реакция образования гидрокарбоалюминатов кальция термодинамически является менее предпочтительной (энергия Гиббса $\Delta Z^0_m = -178{,}0$ КДж/моль), чем гидросульфоалюмината кальция (энергия Гиббса $\Delta Z^0_m = -226{,}7$ КДж/моль).

Одним из возможных механизмов повышения прочности цементных систем с добавкой тонкодисперсного кальцита, особенно на ранних стадиях, является формирование комплексных соединений AFm-фаз и $Ca(OH)_2$ с $CaCO_3$. В процессе роста кристаллов молекулы, адсорбирующиеся на поверхности, располагаются таким образом, чтобы атомы имели максимальное число связей с атомами кристалла. Это способствует образованию и разрастанию в адсорбционном слое двухмерных кластеров, поскольку закрепившиеся на поверхности молекулы способствуют увеличению количества адсорбционных центров и вовлечению новых молекул в структуру кристалла. В конечном итоге это приводит к последовательному отложению мономолекулярных слоев на поверхности кристалла, и в этом отношении близкие параметры кристаллических решеток кальцита и гидратных фаз цемента способствуют формированию прочных кристаллических структур срастания.

Таким образом, использование тонкодисперсного кальцита в цементных материалах способствует не только физическому уплотнению структуры, но и активации процессов начального структурообразования и повышения ранней прочности. В работе были выполнены исследования влияния добавок тонкодисперсного кальцита на кинетику начального структурообразования по изменению показателей пластической прочности цементных систем. Анализ пластометрических исследований показал, что при дозировках добавок кальцита в пределах 5…10 % от массы цемента происходит незначительная активация начального структурообразования в период до 7 ч и резкое увеличение пластической прочности после 7 ч твердения, когда в системе начинают активно формироваться кристаллизационные структуры. В присутствии суперпластификаторов эти процессы несколько замедляются.

В целях изучения возможности и определения эффективности применения в порошково-активированных суспензионных бетонах индивидуальных и комплексных минеральных смесей были изготовлены составы с соотношением компонентов цемент : каменная мука : песок тонкий, равным 1,0 : 0,5 : 1,5, что соответствует оптимальному соотношению компонентов, в котором каменная мука представляет собой бинарную смесь тонкодисперсных каменных пород различного происхождения. В качестве тонкодисперсного минерального компонента (каменная мука) в таких суспензиях были использованы широко распространенные тонкомолотые горные породы, такие как гранит, доломит, а также каменные породы Пензенской области — доломитизированный известняк Иссинского карьера. Удельная поверхность всех тонкодисперсных компонентов составляла $S_{уд}$ = 500…550 м^2/кг.

Приготовление цементно-минеральных смесей с использованием каменной муки было аналогичным для всех видов наполнителей, т. е. они готовились поэтапно. На первом этапе приготавливалась однородная тонкодисперсная суспензия с ГП Melflux 5581F в количестве 0,8 % от массы цемента при помощи высокоскоростного миксера. На втором этапе в суспензию добавлялся тонкий песок фракции 0,16…0,63 мм. Количество воды подбиралось таким образом, чтобы получить расплыв конуса Хегерманна 30…34 см.

Для сравнения была изготовлена контрольная цементно-минеральная смесь с использованием пылевидного микрокварца, цемента CEM 52,5R (ООО «Азия Цемент») и ГП Melflux 5581F (0,8 %). Расплыв конуса Хегерманна у контрольной суспензии составил 30 см при В/Т = 0,123; объемное содержание водно-дисперсной фазы $C^{V}_{ВД}$ = 62 %; плотность цементно-минеральной смеси 2295 кг/м^3 (табл.).

Выполненные исследования показали, что во всех случаях смеси, содержащие карбонатные породы, и бинарные смеси на основе карбонатных пород превышают прочность цементно-минеральной смеси на основе цемента и микрокварца ($R^{28}_{сж}$ = 92 МПа).

Самая высокая прочность приготовленных суспензий была получена для смеси «цемент + кальций» ($R^{28}_{сж}$ = 132 МПа).

Близкие по значению показатели прочности были достигнуты для смесей цемента с бинарным компонентом:

гранит 33 % + кальцит 67 % ($R^{28}_{сж}$ = 129 МПа);

гранит 67 % + кальцит 33 % ($R^{28}_{сж}$ = 127,6 МПа);

доломит 100 % ($R^{28}_{сж}$ = 124 МПа).

Физико-механические свойства цементно-минеральных смесей

Вид минеральной добавки, соотношение	В/Т, В/Ц	Плотность бетонной смеси $\rho_{вл}$, кг/м^3	Расплыв конуса Хегерманна, см	Прочность при сжатии $R^{28}_{сж}$, МПа
Микрокварц 100 %	0,123 0,383	2295	30,0	92,0
Долом. известняк 100 %	0,128 0,397	2249	30,0	106,4
Долом. известняк 75 %. Доломит 25 %	0,119 0,369	2298	30,5	114,0
Долом. известняк 50 %. Доломит 50 %	0,117 0,363	2289	32,0	119,4
Долом. известняк 25 %. Доломит 75 %	0,117 0,363	2290	32,5	120,4
Доломит 100 %	0,112 0,349	2335	34,0	124,0
Микрокварц 75 %. Доломит 25 %	0,119 0,369	2295	30,5	105,0
Микрокварц 50 %. Доломит 50 %	0,116 0,361	2307	31,0	120,0
Микрокварц 25 %. Доломит 75 %	0,113 0,352	2304	31,0	121,2
Гранит 100 %	0,115 0,347	2302	30,5	116,0
Гранит 67 %. Кальцит 33 %	0,115 0,347	2309	31,0	127,6
Гранит 33 %. Кальцит 67 %	0,115 0,347	2332	32,0	129,0
Кальцит 100 %	0,115 0,347	2331	33,0	132,0

Таким образом, путем обогащения менее эффективных наполнителей (микрокварц, доломитизированный известняк, песчаник) более эффективными (доломит, кальцит, гранит) можно получить высококачественные порошково-активированные матрицы для бетонов при содержании эффективных наполнителей не менее 33 % по характеристикам прочности, приближенным к смесям на высокоэффективном наполнителе.

Пензенская область обладает значительными запасами песчаников, известняков и диатомитов. Из карбонатных горных пород известно месторождение доломитизированных известняков (с. Исса). Известняки этого месторождения по глубине залегания обладают большой неоднородностью, что подтверждается тем, что их дробимость колеблется от Д300 до Д800. Поэтому отбор более плотного доломитизированного известняка с водопоглощением до 2 % показал хорошие результаты, в отличие от исследования рыхлого доломитизированного известняка (водопоглощение 14…16 %). Исследования реологической активности цементно-минеральной смеси на бинарной карбонатной каменной муке, состоящей из доломита и доломитизированного известняка, показали, что реологическая активность цементно-минеральной смеси на чистом доломите превосходит контрольный состав на пылевидном микрокварце (расплыв 30 и 34 см соответственно).

При замене 25 % доломита доломитизированным известняком реологическая активность смеси снижается, а расплыв уменьшается до 32,5 см. При соотношении бинарных компонентов 50 : 50 растекаемость смесей снижается.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования показали высокую предрасположенность карбонатных пород к использованию в качестве активных минеральных добавок в производстве цементных материалов. Тонкодисперсные карбонаты кальция способствуют не только уплотнению структуры, но и активации твердения силикатных фаз цемента с возможностью образования сложных комплексных соединений с гидросиликатными структурами. Вследствие близких параметром кристаллических решеток кальцита к параметрам гидратных фаз цемента возможно протекание процессов эпитаксиального наращивания гидратов на границах кальцита.

Показана высокая эффективность бинарных цементно-минеральных систем на основе карбонатных пород в качестве активных минеральных добавок в производстве бетонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Малышев Ю. Н.* Развитие горнопромышленного комплекса в условиях обострения конкуренции на мировых рынках минеральных ресурсов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 1.

2. *Grübe P., Lemmer C., Rühl M.* Vom Gussbeton zum Selbstverdichtenden Beton. S. 243—249.

3. *Bornemann R., Fenling E.* Ulrtahochfester Beton-Entwicklung and Verhalten // Leipziger Massivbauseminar. 2000. Bd. 10. S. 1—15.

4. *Калашников В. И.* Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов : дис. … д-ра техн. наук. Воронеж, 1996. 89 с.

5. *Калашников В. И.* Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 1. Виды реологических матриц в бетонной смеси и стратегия повышения прочности бетона и экономии его в конструкциях // Строительные материалы XXI века. Технологии бетонов. 2007. № 5. С. 8—10.

6. *Калашников В. И., Тараканов О. В.* О применении комплексных добавок в бетонах нового поколения // Строительные материалы. 2017. № 1-2. С. 62—67.

7. *Тараканов О. В., Калашников В. И., Белякова Е. А., Москвин Р. Н.* Самоуплотняющиеся бетоны нового поколения на основе местных сырьевых ресурсов // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 2. С. 40—45.

8. *Калашников В. И., Ерофеева И. В.* Высокопрочные бетоны нового поколения // Science without borders. 2016. Vol. 20. Pp. 82—85.

9. *Тараканов О. В., Белякова Е. А.* Формирование микроструктуры цементных материалов с минеральными и комплексными добавками // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 4(33). С. 60—69.

10. Новые представления о механизме действия суперпластификаторов совместно размолотых с цементом или минеральными породами / В. И. Калашников и др. // Строительные материалы. 2014. № 9. С. 70—75.

11. *Калашников В. И., Гринцова О. В., Белякова Е. А., Макридин Н. И.* Оценка влияния пластифицирующих добавок на состав продуктов гидратации цементного камня = The influence of plasticizerson the composition of cement stone hydration products // Advances Engineering Research. International Symposium on Meehamcal Engineering and material Science. 2016. Vol. 93. Pp. 186—191.

12. *Тейлор Х. Ф.* Химия цементов. М. : Мир, 1996. 529 с.

13. *Макридин Н. И., Акчурин Т. К., Тараканов О. В., Тамбовцева Е. А.* К вопросу о корреляции усадки и прочности бетона // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. 2015. Вып. 3(39).

14. *Тараканов О. В., Пронина Т. В.* Гидратация и твердение цементных материалов с добавками минеральных шламов. Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та архитектуры и стр-ва, 2006. 153 с.

15. *Тараканов О. В., Калашников В. И., Белякова Е. А., Стешкина К. А.* Оценка влияния карбонатного микронаполнителя на кинетику начального структурообразования и состав

гидратных фаз цементных систем // Региональная архитектура и строительство. 2014. Вып. 2(19). С. 40—46.

16. *Тараканов О. В., Суздальцев О. В., Белякова Е. А.* Снижение расхода цемента в бетонах нового поколения // Региональная архитектура и строительство. 2022. Вып. 1(18). С. 18—22.

17. Теоретические предпосылки высокой поверхностной реакционной активности карбонатов в формировании прочности карбонатно-цементных и карбонатно-шлаковых вяжущих / В. И. Калашников и др. // V академ. чтения РААСН. Воронеж, 1999. С. 181—187.

18. *Тараканов О. В., Белякова Е. А., Кагина А. А.* Перспективы применения карбонатных пород в бетонах нового поколения // Региональная архитектура и строительство. 2021. Вып. 3(48). С. 87—96.

19. *Хозин В. Г., Хохряков О. В., Сибгатуллин И. Р.* Карбонатные цементы низкой водопотребности. М. : АСВ, 2021. 364 с.

20. *Белякова Е. А., Юрова В. С.* On the issue of expanding the base of mineral and complex additives for cement // (Web of science) E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 135. P. 6. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501018.

21. *Чернышов Е. М., Потамошнева Н. Д., Кукина О. Б.* Портландитовые и портландито-карбонатные бесцементные системы твердения // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2002. № 5. С. 8—10.

22. *Козлова В. К., Ильевский Ю. А., Карпова Ю. В.* Продукты гидратации кальциево-силикатных фаз цемента и смешанных вяжущих. Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2005. 185 с.

© Тараканов О. В., Акчурин Т. К., Белякова Е. А., Москвин Р. Н., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Тараканов О. В., Акчурин Т. К., Белякова Е. А., Москвин Р. Н. Расширение базы комплексных органоминеральных добавок в технологии бетона // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 97—107.

Об авторах:

Тараканов Олег Вячеславович — д-р техн. наук, проф., Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Российская Федерация, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28; tarov60@mail.ru

Акчурин Талгать Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Белякова Елена Александровна — канд. техн. наук, доц. каф. кадастра недвижимости и права, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Российская Федерация, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28; var_lena@mail.ru

Москвин Роман Николаевич — канд. техн. наук, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Российская Федерация, 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28

Oleg V. Tarakanov[a], Talgat K. Akchurin[b], Elena A. Belyakova[a], Roman N. Moskvin[a]

[a] Penza State University of Architecture and Construction
[b] Volgograd State Technical University

EXPANDING THE BASE OF COMPLEX ORGANOMINERAL ADDITIVES IN CONCRETE TECHNOLOGY

The theoretical prerequisites for the use of carbonate rocks in concrete technology are analyzed. A brief analysis of the crystal chemical structure of carbonates and hydrate phases of cement is performed. Possible mechanisms of activating action of fine calcite on cement materials are considered.

Experimental studies of strength characteristics and cement-sand matrices of concrete with additives of single and binary mineral fillers have been carried out. The advantage of binary systems is shown.

K e y w o r d s: complex additives in concrete, microfillers, stone flour, carbonate rocks, super- and hyperplasticizers, crystal chemical structures, cement hydration, cement crystallization, sand-mineral systems, strength, binary microfillers.

For citation:

Tarakanov O. V., Akchurin T. K., Belyakova E. A., Moskvin R. N. [Expanding the base of complex organomineral additives in concrete technology]. *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], 2022, iss. 3, pp. 97—107.

About authors:

Oleg V. Tarakanov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Penza State University of Architecture and Construction. 28, Titova st., Penza, 440028, Russian Federation; tarov60@mail.ru

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus Author ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Elena A. Belyakova — Candidate of Engineering Sciences, Penza State University of Architecture and Construction. 28, Titova st., Penza, 440028, Russian Federation; var_lena@mail.ru

Roman N. Moskvin — Candidate of Engineering Sciences, Penza State University of Architecture and Construction. 28, Titova st., Penza, 440028, Russian Federation

УДК 697.942.2

С. М. Бобоев, Н. Г. Олимова

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ХЛОПКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Статья посвящена исследованию вентиляционной сети, в особенности пылевых циклонов, и проблеме создания более эффективных конструкций для помощи предприятиям по очистке хлопка. Был проведен обзор литературы, посвященной новейшим технологиям контроля твердых частиц, которые могут принести пользу хлопкоочистительной промышленности.

На основе ПДК веществ в атмосферном воздухе устанавливаются величины предельно допустимых выбросов (ПДВ), обеспечивающие на практике соблюдение гигиенических нормативов. Рассматриваются вопросы повышения эффективности пылеулавливающего оборудования путем модернизации аспирационной сети на промышленных предприятиях. Одним из способов снижения выбросов пыли и других загрязняющих веществ в атмосферу является внедрение современного или двухступенчатого оборудования для очистки загрязняющих веществ.

Ключевые слова: хлопковая пыль, моделирование циклонов, методы определения пыли, предельно допустимая концентрация, загрязняющие вещества, стационарный источник, предельно допустимый выброс, атмосферный слой, пылегазоочистные установки (ПГОУ).

Вещества, попадающие в атмосферу непосредственно из-за человеческой деятельности, обычно относят к антропогенным выбросам и загрязнителям. В отличие от природных, число антропогенных загрязнителей не бесконечно, хотя и чрезвычайно велико. За редким исключением они не находят своего места в круговороте веществ без нарушения цикличности и замкнутости естественных процессов, чем и наносят ущерб природе планеты. Наиболее заметные из них становятся объектами изучения и разработки способов нейтрализации воздействия на биосферу.

Промышленность должна соблюдать все более строгие требования к стандартам качества воздуха и регулировать выбросы твердых частиц. Рост цен на энергию[1] мотивирует исследования, направленные на улучшение деталей и дизайна, а также на дополнительное улучшение технологий сбора частиц. В промышленности востребованы вентиляторы с наименьшей мощностью.

Хлопкоочистительная промышленность продолжает активно реагировать на все более жесткие нормы качества воздуха, которые обнародованы государством. Механизация сбора хлопка в 2017-х гг. сократила сезон уборки хлопка и увеличила количество инородных тел в хлопке-сырце, что привело к движению хлопкоочистительную промышленность для увеличения мощности и добавления оборудования очистки. Пневматическая обработка материалов пропорционально увеличила выбросы в атмосферу. Исследование и решение проблем выбросов твердых частиц и сбора мусора также началось в 2017-х гг.[2].

[1] Об изменении цен на топливно-энергетические ресурсы : проект Постановления Кабинета министров Республики Узбекистан ID-61845. URL: https://www.gazeta.uz/ru.

[2] Хлопок приспособят к машинному сбору. URL: https://www.gazeta.uz/ru/2017/10/04/labor.

Исследования и разработки пылевых циклонов в первую очередь были обусловлены необходимостью соблюдения норм выбросов. В законе Республике Узбекистан «Об охране природы»[3], который принят в 9 декабря 1992 г., указывается, что стандартные нормы в области охраны атмосферного воздуха для человека утверждаются Министерством здравоохранении Республики Узбекистан, а стандарты в области охраны атмосферного воздуха для объектов окружающей природной среды, сохранения климата и озонового слоя утверждаются Государственным комитетом Республики Узбекистан.

Государственный комитет Республики Узбекистан разработал инструкцию по проведению инвентаризации источников загрязнения и нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для предприятий 15 декабря 2005 г. № 105, где говорится о выбросах твердых частиц менее и более PM_{10}[4].

В санитарных правилах и нормах от 04.02.2008 г. № 0248-08[5] для предприятий хлопкоочистительной промышленности говорится, что удаляемый местными отсосами воздух, содержащий пыль, перед выбросом в атмосферу подлежит очистке с учетом среднесуточной предельно допустимой концентрации хлопковой пыли в атмосферном воздухе населенных мест, равной 0,15 мг/м^3, и при условии, что содержание пыли в наружном воздухе производства не превышает 30 % ее предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны. Содержание вредных веществ в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны не должно превышать ПДК (табл.) вредных веществ в воздухе населенных мест (СанПиН 0179-04).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных мест выбросами хлопкоочистительной промышленности

Вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м^3		Класс опасности
	Максимально разовая	Среднесуточная	
1. Взвешенные вещества (недифференцированная по составу пыль)	0,5	0,15	3
2. Пыль хлопковая	0,5	0,05	3

Выполнение подробных исследований с целью определения параметров выбросов, выявления динамики их изменения на разных стадиях технологического цикла зачастую не под силу разработчикам систем очистки, ввиду чего им приходится использовать данные по более или менее сходным процессам. Чтобы исключить при этом возможность грубых ошибок, необходимо предварительно изучить особенности производственного объекта и технологического процесса как источника выбросов. Среди большого количества

[3] Об охране атмосферного воздуха : закон Республики Узбекистан. URL: https://lex.uz/acts/58400.

[4] Приказ об утверждении инструкции по проведению инвентаризации источников загрязнения и нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для предприятий Республики Узбекистан. URL: https://LEX.UZ/RU/DOCS/965143.

[5] Санитарные правила и нормы для предприятий хлопкоочистительной промышленности. URL: https://LEX.UZ/UZ/DOCS/1862949.

факторов, которые следовало бы принять во внимание, можно выделить ряд общих и необходимых при разработке очистных устройств.

Во многих случаях государственные регулирующие органы применяют среднегодовой общерегиональный стандарт качества атмосферного воздуха. Каждый источник может находиться на другом расстоянии от собственной линии, с разной скоростью и направлением ветра. На дисперсию также влияют другие переменные климатические условия, высота источника и частица распределения выбросов по размерам. Это приводит к ошибкам как при моделировании дисперсии, так и при отборе проб. Следовательно, производительность от конкретного циклона зависит от местоположения и от нагрузки [1].

Часто используются компьютерные модели для оценки концентраций с подветренной стороны при регулировании системы борьбы с выбросами. Ниже приведены примеры проектирования циклонных систем с использованием метрических единиц. Основные вопросы, на которые необходимо ответить перед проектированием циклонных систем, следующие: будут ли циклоны использоваться для объекта нового оборудования на существующем объекте или в качестве замены изношенных или малогабаритных существующих циклонов, смогут ли циклоны справиться с мусором? Ответы на эти вопросы могут определить количество, размер и тип используемого циклона. Например, удельная стоимость для одного 125-сантиметрового циклона 1D, 3D может быть меньше, чем для двух 90-сантиметровых циклонов 1D, 3D. Однако 90-сантиметровые циклоны меньше по размеру и могут лучше вписаться в существующую стойку циклонов, чем 125-сантиметровые циклоны [2]. С другой стороны, циклоны меньшего размера имеют меньшие выпускные отверстия для мусора, что увеличивает вероятность засорения, особенно крупным мусором, конструкция требует не только учета общего расхода воздуха.

Основной вредностью на хлопкоперерабатывающих предприятиях является пыль, поэтому наряду с системами обще обменной вентиляции значительное внимание уделяется системам аспирации. Аспирационные системы должны удалять из оборудования образовавшиеся избыточные объемы воздуха, создавая в них, а также в герметизирующих укрытиях определенное разрежение. В случае подачи продукта в силосы и бункеры системой пневмотранспорта следует учитывать также объем поступающего воздуха. Нежелательно завышать объемы аспирируемого воздуха, так как это неэкономично и, кроме того, увеличивает скорость в сечении воздухоприемников, что приводит к повышенному уносу материала и ухудшению эксплуатационных характеристик систем, в том числе к увеличению нагрузок на пылеулавливающее оборудование [3].

Воздействие производственных и промышленных предприятий на окружающую среду не является положительным, даже если экологическое состояние производственных и промышленных предприятий, действующих в Республике Узбекистан, считается удовлетворительным. Дым и пыль, азот и окись углерода, образующиеся из них, не могут рассматриваться в пределах или пределах допустимых пределов даже после прохождения через очистные сооружения.

Поэтому желательно внедрить двухступенчатый процесс очистки для повышения эффективности оборудования для удаления пыли. На промышленных предприятиях пыль очищается до 85 % и выбрасывается в атмосферу [4]. С использованием оборудования для очистки газов с применением рекомендуемых абсорбирующих подвижных дополнительных материалов снижение содержания загрязняющих веществ в атмосфере может быть достигнуто путем удаления оксидов азота, оксида углерода и других газообразных веществ на 92…95 %.

Заключение

На хлопкоочистительных предприятиях можно повысить эффективность существующих сухих механических пылесборников, т. е. установить дополнительные фильтры или установить современные электронные фильтры.

Основным направлением снижения выбросов промышленных отходов является процесс производственных процессов и совершенствование основного технологического оборудования. При выборе технологических агрегатов следует учитывать более агрессивные агрегаты. Новые виды энергии, с использованием альтернативной энергии также могут уменьшить количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бобоев С. М.* Analysis Detection of narmful substances from brick factories // European Sciences review Scientific Journal. 2018. No. 1-2 (Jan.-Feb.).

2. *Ахмедова М. А., Бобоев С. М.* Повышение эффективности пылеуловители // Геоэкология: теория и практика : всерос. студ. конф. с междунар. участием. Москва, 19—20 нояб. 2021 г. М., 2021.

3. *Бобоев С. М., Олимова Н. Г.* Пылеулавливаюшие аппараты и анализ технологических процессов Зарбдорского хлопкоочистительного завода // Me'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal). 2021. № 2 (2-қисм).

4. *Олимова Н. Г.* Интенсификация процесса осаждения волокнистых частиц в гравитационном поле // Достижения женщин в области науки, образования, культуры и инновационных технологий : материалы Республикан. науч.-практ. конф., 15—16 мая 2020 г.

© Бобоев С. М., Олимова Н. Г., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Бобоев С. М., Олимова Н. Г. Исследование вентиляционной сети и пути повышения эффективности пылеулавливающего оборудования на хлопкоперерабатывающих предприятиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 108—112.

Об авторах:

Бобоев Собиржон Муродуллаевич — д-р техн. наук, академик, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Олимова Наргиз Гуламовна — докторант, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Sobirzhon M. Boboev, Nargiz G. Olimova

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

INVESTIGATION OF THE VENTILATION NETWORK AND WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF DUST-COLLECTING EQUIPMENT AT COTTON PROCESSING ENTERPRISES

The article is devoted to the study of the ventilation network, especially dust cyclones, and the problem of creating more efficient structures to help cotton cleaning enterprises. A review of the literature devoted to the latest technologies for the control of solid particles that can benefit the cotton gin industry was conducted.

On the basis of the MPC of substances in the atmospheric air, the values of the maximum permissible emissions (MPV) are established, ensuring in practice compliance with hygienic standards. The issues of increasing the efficiency of dust-collecting equipment by upgrading the aspiration network at industrial enterprises are considered. One of the ways to reduce emissions of dust and other pollutants into the atmosphere is the introduction of modern or two-stage equipment for cleaning pollutants.

K e y w o r d s: cotton dust, cyclone modeling, dust determination methods, spontaneous permissible concentration, pollutants, stationary source, spontaneous-permissible release, atmospheric layer, dust-gas-concentration plants.

For citation:

Boboev S. M., Olimova N. G. [Investigation of the ventilation network and ways to increase the efficiency of dust-collecting equipment at cotton processing enterprises]. *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], 2022, iss. 3, pp. 108—112.

About authors:

Sobirzhon M. Boboev — Doctor of Engineering Sciences, Academician of Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

Nargiz G. Olimova — Doctoral Student, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

УДК 697.975

С. М. Бобоев, М. Э. Тоштемиров, А. И. Исмоилов

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДА ГРУНТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА

В данной статье описан способ охлаждения воздуха с помощью подземного холода при создании микроклимата в производственных и общественных зданиях. Дана схема тоннельной системы воздушного охлаждения, приведены методика расчета и показатели энергоэффективности.

Ключевые слова: микроклимат, приточный воздух, системы вентиляции, подземный вентиляционный канал, охлаждение воздуха, Самарканд.

В южных районах летом крупным потребителем энергии являются системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Экономии дорогостоящего искусственного холода в этих системах можно достичь применением таких возобновляемых источников, как холод зимнего периода и туннельное охлаждение. Подземные вентиляционные каналы, служащие для снижения температуры приточного воздуха в теплый период года, проектируют с устройством в них неподвижных насадок из твердых тел обтекаемой формы. Насадки интенсифицируют теплообмен и увеличивают хладоаккумулирующую способность. Приточный воздух должен проходить по каналу и насадке круглосуточно, охлаждая стенки канала и элементы насадки ночью и охлаждаясь сам днем.

Подземные вентиляционные каналы позволяют снизить температуру приточного воздуха в дневное время по сравнению с температурой наружного воздуха за счет уменьшения средней за сутки температуры воздуха $t_{пр.\,о}$ и амплитуды ее колебания $At_{пр}$. Понижение $t_{пр.\,о}$ происходит в результате теплообмена с окружающим грунтом, имеющим среднюю за сутки температуру ниже среднесуточной температуры наружного воздуха $t_{н.\,о}$, а уменьшение амплитуды колебаний температуры воздуха обусловлено воздействием теплоустойчивости грунта, обрамляющего стенки канала, и насадки. Благодаря теплоустойчивости грунта и элементов насадки сохраняется относительное постоянство температуры стенок канала и элементов насадки в условиях суточных колебаний температуры воздуха, проходящего по каналу. Амплитуда колебаний температуры воздуха сглаживается по мере движения воздуха по каналу. В насадках возможность охлаждения воздуха ограничивается суточной амплитудой колебания температуры наружного воздуха $At_{н}$, в каналах же дополнительно снижается средняя за сутки температура наружного воздуха $t_{н.\,о}$.

Если в соответствии со своим функциональным назначением здание (административное, производственное, торговое и т. д.) эксплуатируется только часть суток, в нерабочее время суток воздух после подземного вентиляционного канала *6* и насадки *3* (рис. 1) выбрасывается через воздуховыбросную шахту *7* в атмосферу. В холодный период года в целях уменьшения аэродинамического сопротивления тракта и экономии энергии, а также во избежание обледенения элементов насадки наружный воздух поступает в систему вентиляции через дополнительное обводное воздухозаборное устройство *4*.

Для предотвращения запыления элементов насадки фильтры *2* для очистки приточного воздуха устанавливают перед насадками. Днище насадки устраивают с уклоном к приямку *11*, предназначенному для стока воды после промывки ею элементов насадки от пыли.

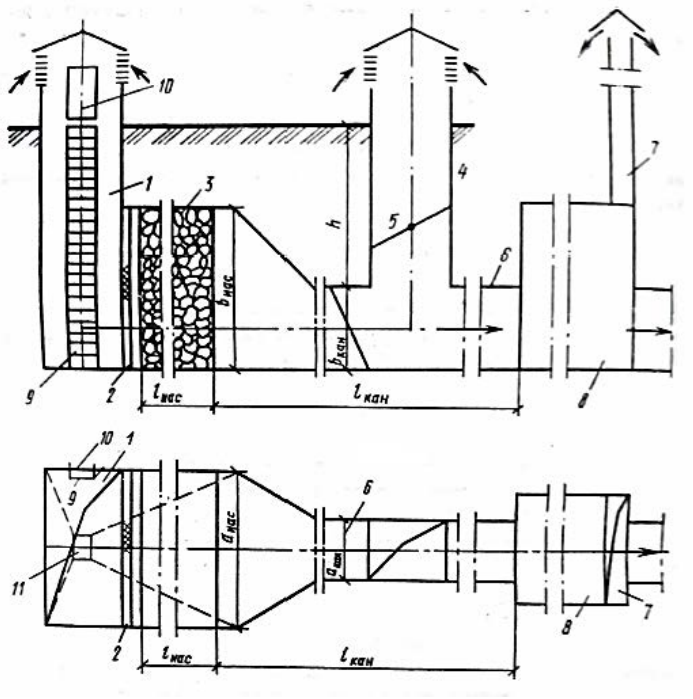


Рис. 1. Подземный вентиляционный канал с насадкой: *1* — воздухозаборная шахта; *2* — фильтр; *3* — насадка; *4* — обводная воздухозаборная шахта; *5* — регулирующие клапаны; *6* — подземный вентиляционный канал; *7* — воздуховыбросная шахта; *8* — приточная камера; *9* — лестница; *10* — дверь; *11* — приямок для стока воды

Расчет охлаждения приточного воздуха в подземном канале с насадкой и подбор его производят в следующем порядке.

1. Принимают предполагаемое охлаждение приточного воздуха в каналах с насадками Δt, °С.

2. По принятой величине Δt в диаграмме *I—d* строят процессы охлаждения приточного воздуха в подземном канале с насадкой и последующей адиабатической обработкой его в камере орошения и определяют расчетное количество приточного воздуха L, м^3/ч.

3. Подбирают по табл. 1 охлаждающую способность насадки $\Delta t_н$, °С; ее длину l, м; скорость движение воздуха перед насадкой v, м/с; размеры элементов насадки d, м; аэродинамическое сопротивление $\Delta P_н$, Па, насадки длиной в 1 м.

4. Определяют площадь поперечного сечения насадки, м^2, соответствующую расчетному количеству приточного воздуха:

$$F_н = L / 3600\vartheta \cdot$$

5. Назначают конструктивные размеры насадки (высоту и ширину) $a \times b$, м.

6. Вычисляют аэродинамическое сопротивление насадки, Па:

$$\Delta P_{н} = \Delta pl \ .$$

7. Определяют желаемое снижение температуры приточного воздуха в канале, °С:

$$\Delta t_{к} = \Delta t - \Delta t_{н}.$$

8. Выявляют остаточную амплитуду температуры наружного воздуха $A_{t_н}^{ост}$ °С как разность между расчетной амплитудой колебаний температуры наружного воздуха $At_н$ и величиной снижения температуры приточного воздуха в насадке $\Delta t_н$:

$$A_{t_н}^{ост} = A_{вн} - \Delta t_{н}.$$

9. Задаются предварительной величиной снижения температуры, °С, приточного воздуха в канале за счет уменьшения среднесуточной ее температуры:

$$\Delta t_{пред} = \Delta t_{к} / 2 \ .$$

10. По $\Delta t_{пред}$ и по расчетному количеству воздуха (табл. 2) выбирают канал соответствующего сечения, длины и скорость движения воздуха, а также показатель затухания температуры приточного воздуха в канале длиной 1 м.

11. Определяют действительную величину снижения среднесуточной температуры приточного воздуха $\Delta t_{к.\,о}$.

12. Находят амплитуду колебания температуры приточного воздуха, °С, в конце канала длиной l, м:

$$A_{t_н}^{к} = A_{t_н}^{ост} / \vartheta_{к} \ ,$$

где $\vartheta_к$ — показатель затухания температуры приточного воздуха в канале длиной l, м:

$$\vartheta_{к} = \vartheta^{l}.$$

13. Определяют снижение температуры приточного воздуха в канале, °С, при сглаживании амплитуды ее колебания:

$$\Delta t_{к_A} = A_{t_н}^{ост} - A_{t_н}^{к} \ .$$

14. Вычисляют общую величину снижения температуры воздуха в канале, °С, от уменьшения среднесуточной температуры воздуха и сглаживания амплитуды ее колебания:

$$\Delta t_{к} = \Delta t_{к} + \Delta t_{к_A} \ .$$

15. Сопоставляют величину $\Delta t_к$ и с величиной снижения температуры приточного воздуха в канале $\Delta t'_к$, если при этом окажется, что $\Delta t_к \geq \Delta t'_к$ то

расчет канала можно считать законченным, а если $\Delta t_к < \Delta t'_к$, то необходимо подобрать другой, более длинный канал.

16. Определяют действительное полное снижение температуры приточного воздуха в канале с насадкой, °С:

$$\Delta t_{н.к} = \Delta t_н + \Delta t_к.$$

17. Вычисляют аэродинамическое сопротивление, Па, движению воздуха в канале:

$$\Delta P_к = \Delta p l.$$

где Δp — аэродинамическое сопротивление канала длиной 1 м (см. табл. 2).

Расчет подземный вентиляционный канал с насадкой для охлаждения воздуха в условиях г. Самарканда можно провести следующим образом.

Данные: теплоизбытки помещения Q = 76 000 кДж/ч; ε = 16 800 кДж/кг; параметры внутреннего воздуха помещения: $t_в$ = 26 °С, $\varphi_в$ = 50 %, $I_в$ = 54 кДж/кг, $d_в$ = 10,9 г/кг; параметры наружного воздуха (параметры А г. Самарканда): $t_н$ = 31,7 °С, $I_н$ = 54,5 кДж/кг, $t_{н.о}$ = 23,6 °С, $\Delta t_н$ = 6,2 °С. Для охлаждения приточного воздуха могут быть приняты каналы сечением $a \times b$, равным 0,5 × 0,5; 0,5 × 1,0; 1 × 1; 1,0 × 1,5; 1 × 2; 2 × 2 м, длиной l до 15 м, с заглублением от поверхности до верха перекрытия канала h = 3 м, скоростью движения воздуха в каналах ϑ до 6 м/с. Теплофизические характеристики грунтов, окружающих подземные каналы (суглинки с примесью гравия и песка); плотность ρ = 2000 кг/м^3, теплопроводность λ = 1,347 Вт/(м · К), теплоемкость с = 1,632 кДж/(кг · К).

В качестве материала насадки применялся естественный камень (булыжник) средним диаметром d = 0,2…0,3 м, с теплофизическими характеристиками: ρ = 2800 кг/м^3, λ = 2,7 Вт/(м · К), c = 0,9 кДж/(кг · К). Порозность насадки (отношение объема пустот к ее объему) $E_о$ = 0,4, длина насадки l до 6 м, и скорость движения воздуха перед насадкой ϑ = 0,25…0,75 м/с. Движение воздуха по каналам происходит с 0 до 18 ч, а охлажденный воздух подается в помещения с 9 до 18 ч. При указанных выше параметрах наружного воздуха и среднегодовой температуре грунта $t_{гр}$ = 13,2 °С максимальная охлаждающая способность таких каналов Δt равна 6,5 °С.

1. Предполагаемое снижение температуры наружного воздуха Δt = 6,5 °С.

2. На диаграмме I—d находим точку параметров наружного воздуха (т. Н) $t_н$ = 31,7 °С и $I_н$ = 54,5 кДж/кг, от которой опускаемся вниз по $d_н$ = const на величину Δt = 31,7 – 6,5 = 25,2 °С. От этой точки строится процесс адиабатической обработки приточного воздуха в камере орошения по $I_к$ = const равно 46 кДж/кг до пересечения с φ = 95 % (т. 0). Затем находим точку параметров внутреннего воздуха $t_в$ = 26 °С и $\varphi_в$ = 50 % (т. В). От этой точки проводим луч процесса в помещении ε = 16 800 кДж/кг. Считая, что воздух в вентиляторе и воздуховодах подогревается на 1,5 °С (т. П'), находим точку смеси воздуха после камеры орошения и идущего в обвод камеры орошения (т. П) $I_п$ = 50 кДж/кг. Расчетное количество приточного воздуха определяем по формуле

$$Q = Q \big/ (I_в - I_п)\rho = 76000 \big/ (54 - 50)1,2 = 14964 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица 1

Снижение температуры приточного воздуха $\Delta t_н$ в булыжной насадке в условиях г. Самарканда

Порозность насадки $E_о$	Сечения насадки $a \times b$	Диаметр элементов d, мм	Скорость воздуха ϑ, м/с	Снижение амплитуды колебания температуры воздуха в насадке $\Delta t_н$ при длине насадки l, м						Потери давления на 1 м Δp, Па	Количества воздуха L, м^3/ч
				1	2	3	4	5	6		
0,4	1 × 1	0,2	0,25	1,8	2,6	3,0	3,1	3,2	3,25	4,16	900
			0,5	1,2	2,0	2,5	2,8	2,9	3,1	14,2	1800
			0,75	0,8	1,5	2,0	2,4	2,6	2,8	26,2	2700
0,4	1 × 1	0,3	0,25	1,3	2,1	2,6	2,8	3,0	3,1	2,5	900
			0,5	0,8	1,5	1,9	2,3	2,6	2,7	3,3	1800
			0,75	0,6	1,1	1,5	1,9	2,1	2,3	16,9	2700

Таблица 2

Снижение температуры приточного воздуха в подземном канале в условиях г. Самарканда

Сечение канала $a \times b$, м	Скорость воздуха ϑ, м/с	Количество воздуха L, м^3/ч	Потери давления на 1 м Δp, Па	Показатель затухания колебаний температуры ϑ на 1 м	Снижение среднесуточной температуры воздуха $\Delta t_{к.о}$, °С, при длине канала l, м				
					10	20	50	100	150
1 × 1	2	7200	0,082	1,018	0,36	0,7	1,8	3,3	5,5
	3	10800	0,185	1,013	0,24	0,5	1,2	2,35	4,4
	4	14400	0,329	1,012	0,2	0,4	1	1,9	2,7
1,0 × 1,5	2	10800	0,065	1,015	0,42	0,84	2,1	2,9	4,1
	3	16200	0,147	1,011	0,22	0,44	1,1	2,1	3,2
	4	21600	0,262	1,068	0,18	0,36	0,9	1,65	2,3
1 × 2	2	14400	0,066	1,013	0,35	0,7	1,4	2,7	3,8
	3	21600	0,13	1,01	0,25	0,5	1,1	1,9	2,8
	4	28800	0,233	1,007	0,15	0,35	0,8	1,5	2,1
1,5 × 2,0	2	21600	0,027	1,01	0,22	0,44	1,1	2,2	3,3
	3	32400	0,061	1,007	0,16	0,32	0,8	1,5	2,3
	4	43200	0,129	1,006	0,12	0,24	0,62	1,17	1,8
2 × 2	2	28800	0,035	1,009	0,2	0,4	1	1,8	2,5
	3	43200	0,778	1,006	0,13	0,26	0,65	1,2	1,9
	4	57600	0,139	1,005	0,11	0,22	0,66	1,1	1,6

3. По табл. 1 выбираем насадку с диаметром элементов $d = 0{,}2$ м, длиной $l = 4{,}0$ м, скоростью движения воздуха $\vartheta = 0{,}75$ м, охлаждающей способностью $\Delta t_{н} = 2{,}4$°С.

4. Площадь поперечного сечения насадки для прохода расчетного количества воздуха:

$$F_{н} = 14964 / (3600 \cdot 0{,}75) = 5{,}54\,м^2;$$

$$a \times b = 2 \cdot 2{,}75\,м.$$

5. Аэродинамическое сопротивление насадки:

$$\Delta P_{насадка} = 26{,}2 \cdot 4 = 104{,}8\,Па.$$

6. Остаточная амплитуда приточного воздуха:

$$At_{н} = 6{,}2 - 2{,}4 = 3{,}8\ °C.$$

7. Желаемое снижение температуры приточного воздуха в канале:

$$\Delta t'_{к} = 6{,}5 - 2{,}4 = 4{,}1\ °C.$$

8. Задаем предварительное снижение среднесуточной температуры приточного воздуха в канале:

$$\Delta t_{пред} = 4{,}1 / 2 = 2{,}05\ °C.$$

9. По $\Delta t_{пред} = 2{,}05$ °С и по табл. 2 для $L = 14\,964$ м^3/ч выбираем канал сечением 1 × 2 м, длиной $l = 100$ м; скорость движения воздуха $\vartheta = 3$ м/с.

10. Действительная величина $\Delta t_{к.\,о} = 1{,}9$ °С.

11. Показатель затухания температуры приточного воздуха в канале сечением 1 × 2 м, длиной $l = 1{,}0$ м, $\vartheta = 1{,}01$ м/с (см. табл. 2), а при $l = 100$ м определяем $\vartheta_{к}$: $\vartheta = 1{,}01^{100} = 2{,}7$.

12. Амплитуда колебания температуры приточного воздуха в конце канала длиной $l = 50$ м:

$$A^{к}_{t_{н}} = 3{,}8 / (2{,}7) = 1{,}4\,°C.$$

13. Снижение температуры приточного воздуха в канале при уменьшении ее амплитуды:

$$\Delta t_{к_{A}} = 3{,}8 - 1{,}4 = 2{,}5\ °C.$$

14. Общее снижение температуры приточного воздуха в канале:

$$\Delta t_{к} = 1{,}9 + 2{,}5 = 4{,}4\ °C.$$

15. Из сравнения $\Delta t'_{к} = 4$ °С с $\Delta t_{к} = 4{,}4$ °С видно, что условие $\Delta t_{к} \geq \Delta t'_{к}$ выполняется.

16. Действительное полное снижение температуры приточного воздуха в канале сечением 1 × 2 м, длиной 100 м с насадкой сечением 2,75 × 2,00 м, длиной 3,2 м составляет

$\Delta t_{н.к} = 2,5 + 4,4 = 6,9$ °C.

17. Сопротивление движению воздуха в канале длиной 1 м (см. табл. 2) Δp = 0,13 Па, общее сопротивление канала $\Delta p_к$ = 13 Па.

Для большего снижения температуры приточного воздуха необходимо охлаждение воздуха подземных каналов с насадками сочетать с последующим испарительным охлаждением воздуха в камере орошения.

Экономически целесообразными системами вентиляции с охлаждением воздуха в подземных каналах с насадками являются такие, которые обеспечивают рабочую разность температуры воздуха в обслуживаемом помещении $\Delta t_п = t_в - \Delta t_п \geq 3$ °C, где $t_п$ — температура приточного воздуха, °C; $t_в$ — температура воздуха в помещении, °C.

С технической точки зрения предлагаемый вариант охлаждения воздуха может быть осуществлен в районах с суточной амплитудой колебания температуры наружного воздуха $At_н$ = 5 °C и среднегодовой температурой грунта $t_{гр} \leq 13$ °C.

© Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И. Использование холода грунта для охлаждения приточного воздуха // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 113—120.

Об авторах:

Бобоев Собиржон Муродуллаевич — д-р техн. наук, академик, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Тоштемиров М. Э. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Исмоилов А. И. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Sobirzhon M. Boboev, M. E. Toshtemirov, A. I. Ismoilov

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

USING GROUND COLD TO COOL THE SUPPLY AIR

This article describes a method of cooling air using underground cold when creating a microclimate in industrial and public buildings. The scheme of the air-cooling tunnel system, a calculation method, and energy efficiency indicators are given.

K e y w o r d s: microclimate, supply air, ventilation systems, underground ventilation duct, air cooling, Samarkand.

For citation:

Boboev S. M., Toshtemirov M. E., Ismoilov A. I. [Using ground cold to cool the supply air]. *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], 2022, iss. 3, pp. 113—120.

About authors:

Sobirzhon M. Boboev — Doctor of Engineering Sciences, Academician of Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

M. E. Toshtemirov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

A. I. Ismoilov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

УДК 697.9

С. М. Бобоев, М. Э. Тоштемиров, А. И. Исмоилов

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

АККУМУЛЯТОРЫ ТЕПЛОТЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

В данной статье подробно описывается роль аккумуляторов тепла в достижении энергосбережения в системах вентиляции и кондиционирования, условия их применения, методы, расчетные формулы, преимущества и недостатки. Предложены региональные схемы применения аккумуляторов тепла для создания микроклимата в зданиях в условиях сухого жаркого климата.

Ключевые слова: микроклимат, системы вентиляции, системы кондиционирования, тепловые аккумуляторы, энергосбережение, теплотехнический расчет.

Создание микроклимата помещений зависит от внешних и внутренних факторов. В связи с многообразием конструктивно-планировочных решений зданий, изменчивостью климатических воздействий, повышением уровня требований к устойчивости комфортных условий и экономии топливно-энергетических ресурсов поддержание искусственного микроклимата в помещении является весьма актуальной проблемой.

В районах с сухим жарким климатом летом крупными потребителями энергии являются системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Одной из форм энергосбережения и создания оптимальных условий работы обслуживающего персонала, а также эффективного хранения техники на предприятиях сервиса является поддержание комфортного температурно-влажностного режима. Для создания этих условий могут быть использованы тепловые аккумуляторы [1].

В настоящее время все большее внимание уделяется более эффективным аккумуляторам теплоты перехода (АФП), использующим скрытую теплоту плавления и кристаллизации своего рабочего вещества. Эти аппараты обладают большой энергоемкостью и относительной изотермичностью процесса нагрева к охлаждению теплоносителя.

Наиболее распространенная конструкция АФП представляет собой емкость с герметичными контейнерами различной формы, заполненными аккумулирующим веществом, между которыми пропускается теплоноситель. В режиме зарядки теплоноситель, например холодный воздух, контактирует с веществом, которое охлаждается и твердеет, а в режиме разрядки горячий воздух охлаждается за счет поглощения его теплоты веществом при плавлении. Накопление холода в АФП позволяет таким образом снизить мощность холодильных машин и выровнять график электропотребления.

Как известно, основным внешним источником тепла в теплый период года является солнечная радиация через покрытия и остекленные поверхности, а внутренними — человек, электромеханическое оборудование, освещение и т. д. В результате суммарного воздействия всех источников тепла выделения и его накопления может произойти перегрев помещения и нарушение его тепловлажностного режима.

По климатическим условиям вся территория Узбекистана разделена на VI климатических зон, объединяющих районы с близкими климатическими показателями (рис. 1). Для каждой зоны были построены климатические характеристики (рис. 2), по которым можно заключить, что суточный ход изменения температур наружного воздуха по указанным климатическим зонам почти одинаков и происходит по закону гармонического колебания [2].

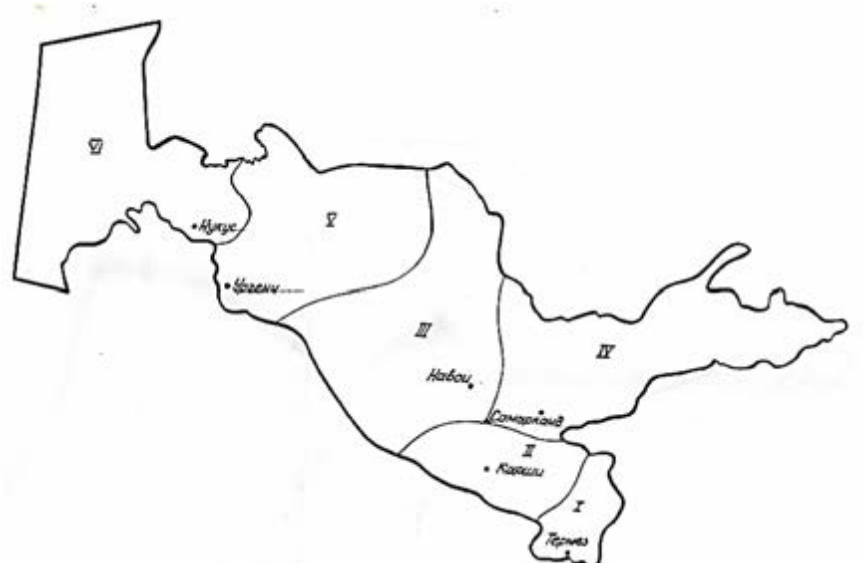


Рис. 1. Схема расположения основных климатических зон Республики Узбекистан

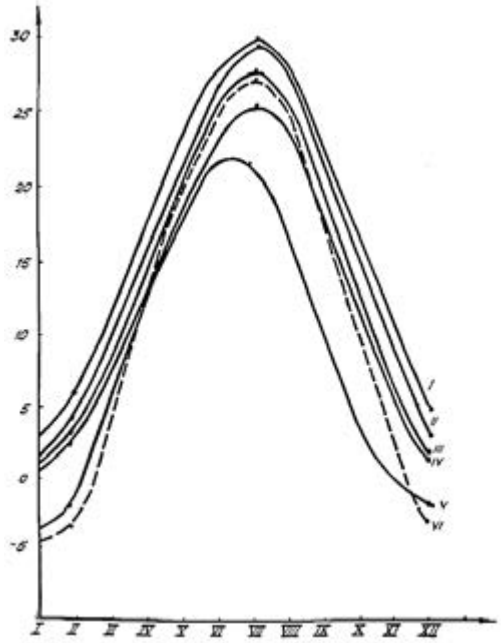


Рис. 2. Среднемесячные температуры по климатическим зонам Республики Узбекистан

Известная схема с аккумулятором естественного ночного холода (рис. 3, *а*) предусматривает установку АФП на воздухозаборном тракте системы. В ночной период контейнеры аккумулятора охлаждаются прохладным ночным воздухом, а в дневное время воздух проходит две ступени охлаждения: в АФП и оросительной камере кондиционера. Эта схема целесообразна для районов с сухим жарким климатом со значительной суточной амплитудой колебания температуры воздуха $At_{н}$. К таким районам относится часть IV строительно-климатического района Узбекистана, где $At_{н} = 16...20$ °С.

Схема на рис. 3, *б* является производной от схемы на рис. 3, *а* и отличается режимом регенерации. Ночью прохладный воздух забирается через отдельную шахту, дополнительно охлаждается в оросительной камере, работающей в адиабатическом режиме, и, проходя через АФП, приводит его вещество в твердое состояние. Эта схема обладает большей глубиной охлаждения воздуха и гибкостью в эксплуатации. Предпочтительное применение — сухие районы с умеренной величиной $At_{н}$, где схема позволяет расширить рабочий перепад температур перед АФП. Сюда относится южная часть I и II строительно-климатических районов Узбекистана, где $At_{н} = 10...15$ °С.

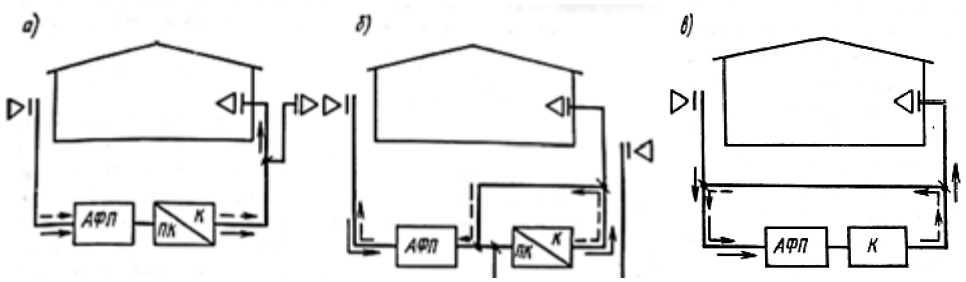


Рис. 3. Схема установки АФП в системах вентиляции и кондиционирования: ПК — приточная камера; К — кондиционер; — — ▶ — режим зарядки; ▶ — режим разрядки

Еще одним общедоступным косвенным источником холода летом является ночная электроэнергия, стоимость которой в часы ночного провала графика электронагрузки ниже дневной. Эту электроэнергию целесообразно использовать для работы холодильных машин, холод которых может быть накоплен в АФП. Схема такой системы изображена на рис. 3, в. В ночной период АФП заряжается холодным воздухом, циркулирующим между ним и воздухоохладителем или оросительной камерой кондиционера, потребляющего искусственный холод. Днем воздух охлаждается аналогично схеме на рис. 3, а; при этом оросительная камера кондиционера работает в адиабатическом или политропическом режиме.

Экономический эффект достигается за счет снижения мощности холодильных машин. Эта схема универсальна по отношению к климатическим районам, но наиболее целесообразна для районов с малым значением $At_{в}$, к которым можно отнести VI климатический район Узбекистана.

Здесь рассмотрены только принципиальные схемы, которые могут модернизироваться в каждом конкретном случае.

Разработка конструкций АФП связана во многом с попытками преодолеть следующие различные трудности, возникающие в период работы из-за «поведения» аккумулирующего вещества:

1) расслоение компонентов вещества при циклических фазовых превращениях, устраняемое применением относительно мелких контейнеров или введением гелеобразующих добавок, например силикагеля;

2) рост термического сопротивления между поверхностью теплообмена и подвижной границей фаз, ухудшающий процесс передачи теплоты; этот недостаток устраняют с помощью утопленных в вещество теплопроводных ребер или матриц (металлических сеток, опилок);

3) изменение объема вещества при переходе из одного состояния в другое, во избежание чего в вещество укладывают эластичные вкладыши.

Варианты конструкций АФП отличаются в основном формой контейнеров: это могут быть пластины, продольно и поперечно омываемые цилиндры и даже шары. С точки зрения сочетания энергетической эффективности (обеспечения максимального количества накопленной теплоты при минимальных энергозатратах) и компактности наиболее целесообразны контейнеры в форме пластин и продольно омываемых цилиндров. При этом скорость движения воздуха между контейнерами следует принимать 4…7 м/с. В качестве материала оболочки контейнера можно использовать металл, пластмассы, полиэтиленовую пленку, керамику, стекло.

При конструировании следует учитывать, что в первых по ходу движения воздуха контейнерах вещество будет изменять свое агрегатное состояние быстрее, чем в последних, поэтому к моменту окончания работы АФП в последних контейнерах вещество частично остается неотработавшим. Устранить эту балластную часть вещества можно конструктивными приемами: организацией встречного движения воздуха по обе стороны каждого из плоских контейнеров или ступенчатым уменьшением толщины контейнеров по ходу воздуха. Этот вариант конструкции изображен на рис. 4. В корпусе *3* размещены блоки решетчатых стеллажей *4*, на которых уложены герметичные полиэтиленовые пакеты с веществом *5*. Толщина контейнеров по ходу воздуха уменьшается от блока к блоку. Таким образом, к моменту окончания каждого периода работы АФП вещество изменит свое агрегатное состояние по всему объему устройства. Вместо стеллажей с полками можно использовать фигурные скобообразные сетки-опоры, на которые укладываются пакеты с веществом, после чего такие модули устанавливают друг на друга[*].

Наиболее ответственной задачей при проектировании является выбор аккумулирующих веществ. Это могут быть неорганические (различные кристаллогидраты солей и их смеси) и органические (парафины, органические кислоты и пр.) вещества. Существенное достоинство органических веществ — сохранение гомогенности в процессе циклов плавления-затвердения, недостатки — малое количество теплоты фазового перехода и низкая теплопроводность, высокая возгораемость и токсичность. Преимущества неорганических веществ — большое количество теплоты фазового перехода, малая стоимость, доступность, недостатки — расслоение состава на компоненты и переохлаждение расплава, предшествующее его кристаллиза-

[*] URL: https://studref.com/607101/tehnika/akkumulyatory_teploty_fazovyh_perehodov.

ции и способное достичь 10…15 °С и более. Снижение переохлаждения достигается введением кристаллообразующих добавок. Например, для глауберовой соли $Na2SO_4 \cdot 10H_2O$ такой добавкой является $Na2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, снижающая переохлаждение до 1…3 °С. В табл. приведено несколько видов различных веществ и их теплофизические свойства. При выборе вещества необходимо прежде всего учитывать его температуру н теплоту фазового перехода, а также его возможную токсичность.

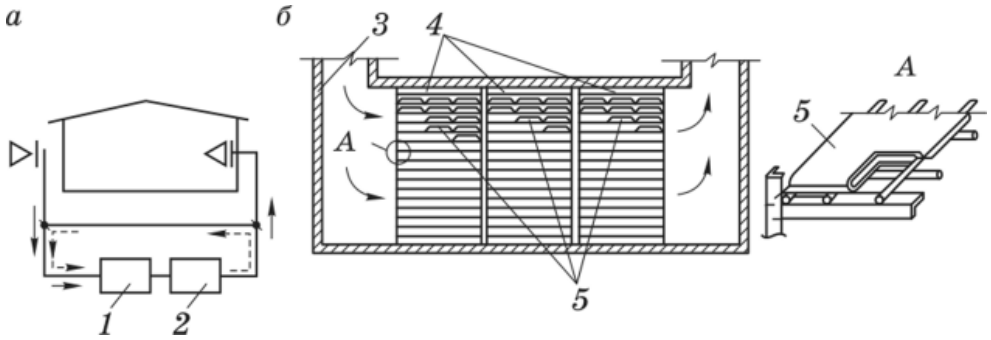


Рис. 4. Схема установки аккумулятора фазового перехода в системах вентиляции и кондиционирования воздуха: *а* — принципиальная схема установки: *1* — аккумулятор фазового перехода; *2* — кондиционер; *б* — схема аккумулятора фазового перехода: *3* — корпус; *4* — стеллажи; *5* — контейнеры с ТАМ

Задачей теплотехнического расчета АФП с плоскими контейнерами является определение конструктивных характеристик аппарата: его длины вдоль движения потока воздуха *X*, толщины контейнеров с аккумулирующим веществом H_0, высоты каналов для прохода воздуха *h*, ширины аппарата *l*.

Через аппарат проходит *L*, м^3/с, воздуха. Днем в процессе разрядки, который длится $\tau_р$, средняя температура на входе в аппарат $t^р_{вх}$. Температура охлажденного воздуха переменна, она растет по мере разрядки аппарата, ю даже в конце разрядки не должна быть выше расчетной температуры приточного воздуха $t^р_{вых}$, определяемой построением процессов обработки воздуха в *I*—*d*-диаграмме. В расчете использована ее безразмерная величина $\theta^р_{вых} = \dfrac{t^р_{вых} - t_ф}{t^р_{вх} - t_ф}$.

Основные конструктивные характеристики АФП вычисляют по формулам

$$H_o = 2a\left[\sqrt{\frac{1}{Bi^2} + 2\overline{\tau} - \frac{1}{Bi}}\right],\ X = \frac{a^2}{Stl} - \left[\frac{Bi\left(H_о - 2\xi_к\right)}{2a} - \ln\frac{H_о}{2\xi_к}\right],$$

$$\overline{\tau} = \frac{\lambda\left(t^р_{вх} - t_ф\right)}{\rho q_{Эф} a^2},$$

где $a = \sqrt{lh/2}$ — определяющий размер воздушного канала высотой *h* и шириной *l*; $\xi_к = H_o\theta^р_{вых}/2$ — толщина слоя плавления к концу периода на выходе из канала.

Теплофизические свойства аккумулирующих веществ

Вещество	Температура фазового перехода $t_ф$, °С	Теплота фазового перехода q кДж/кг	Теплопроводность, Вт/(м· К)		Теплоемкость, кДж/(кг · К)		Плотность, кг/м^3	
			λ_1	λ_2	c_1	c_2	ρ_1	ρ_2
Этилен-карбонат	36,4	142,4	—	0,206	1,34	1,52	1426	1330
$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	30…36	200	0,6	0,7	1,85	3,1	1425	1482
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	32,4	232	—	—	1,76	3,31	1457	—
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	29,0	189,8	—	0,56	1,42	2,09	1802	1562
$CH_3(CH_2)_{16}CH_3$	28,0	240	0,35	0,15	2,7	2,7	853	777
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (77 %) + KNO_3 (23 %)	20	120	0,62	0,86	1,7	3,0	1690	1740
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$(85 %) + NaCl (15 %)	17,79	84	—	—	—	—	—	—
$FeCl_3 \cdot 6H_20$	36,0	223	—	—	—	—	1600	—

Примечание. Индекс 1 означает твердую фазу, индекс 2 — жидкую.

В процессе расчета конкретного периода работы (зарядки или разрядки) должны учитываться теплофизические свойства растущей фазы. $q_{Эф}$ — эффективная теплота фазового перехода, учитывающая, кроме q, изменение энтальпии вещества (с меньшей точностью можно пользоваться значением q по табл.); $\mathrm{Bi} = \frac{\alpha a}{\lambda}$; $\mathrm{St} = \frac{\alpha}{\vartheta (c\rho)_в}$ — критерии Био и Стэнтона; ϑ, α — скорость воздуха и коэффициент теплоотдачи соответственно; $(c\rho)_в$ — объемная теплоемкость воздуха.

Количество контейнеров N во фронтальном сечении определяют по формуле $N = \frac{L}{\vartheta l h}$. Предварительно следует оценить полноту зарядки АФП, приблизительно определяемую соблюдением неравенства $\Pi_з \geq \Pi_р$, $\Pi_i = \left(t_ф - t^i_{вх}\right)\tau_i$, где индекс i соответствует режимам зарядки и разрядки. Это условие может быть достигнуто варьированием величины $t_ф$ и длительностей периодов зарядки и разрядки $\tau_з$ и $\tau_р$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха : справ. пособие / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титов и др. ; под ред. Л. Д. Богуславского и В. И. Ливчака. М. : Стройиздат, 1990. 624 с.

2. *Бобоев С. М.* Научно-технические основы создания систем микроклимата в животноводческих помещениях в условиях сухого и жаркого климата : дис. … д-ра техн. наук. Ташкент, 2000.

© Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Бобоев С. М., Тоштемиров М. Э., Исмоилов А. И. Аккумуляторы теплоты фазового перехода в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 121—128.

Об авторах:

Бобоев Собиржон Муродуллаевич — д-р техн. наук, академик, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Тоштемиров М. Э. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Исмоилов А. И. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Sobirzhon M. Boboev, M. E. Toshtemirov, A. I. Ismoilov

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

PHASE TRANSITION HEAT ACCUMULATORS IN VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

This article describes in detail the role of heat accumulators in achieving energy savings in ventilation and air conditioning systems, the conditions for their use, methods, calculation formulas,

advantages and disadvantages. Regional schemes for the use of heat accumulators to create a microclimate in buildings in a dry hot climate have been solved.

K e y w o r d s: microclimate, ventilation systems, air conditioning systems, thermal accumulators, energy saving, thermal engineering calculation.

For citation:

Boboev S. M., Toshtemirov M. E., Ismoilov A. I. [Phase transition heat accumulators in ventilation and air conditioning 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], 2022, iss. 3, pp. 121—128.

About authors:

Sobirzhon M. Boboev — Doctor of Engineering Sciences, Academician of Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

M. E. Toshtemirov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

A. I. Ismoilov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

УДК 662.997; 697.329

С. М. Бобоев, М. М. Эшматов, Б. Айтмуратов

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СТРАТИФИКАЦИОННОГО ТЕПЛОВОГО АККУМУЛЯТОРА СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства инновационного развития Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта BV-M-F3-003

Разработана методика расчета водораспределителя постоянного поперечного сечения, равномерно перфорированного по высоте, для многослойного слоистого теплового накопителя, используемого в системах солнечного отопления и горячего водоснабжения.

Ключевые слова: водораспределитель, тепловой аккумулятор, солнечная система отопления, стратификационный аккумулятор.

Introduction

Water thermal storage tanks of solar heat supply systems can function at a significant degree of temperature stratification when the top of the storage tank is hotter than its bottom [1]. The principle of the layer after-layer charging of a thermal storage tank by a solar collector, when water heated in a collector is supplied to the layer corresponding to its temperature and the mixing of layers is excluded, is widely used now in the design of solar hot water supply and heating systems* [1, 2]. The potential gain in the solar fraction for a solar plant with an ideally stratified tank and low specific water consumption through a solar collector in the range of 0.002—0.007 kg/(m^2 · s) compared to a fully mixed tank and high specific water consumption through a solar collector of ~0.01—0.02 kg/(m^2 · s) can reach 1/3 [1] despite the fact that, under high specific consumption, the higher values of the collector heat removal factor F_R are provided [1]. The increase in the solar fraction of such a plant, according to some experimental data [3], is possible from 0.48 to 0.66. In practice, such a significant gain has not yet been achieved because of the complexity of implementing good temperature stratification in storage tanks [1]. Thus, the improvement of the design of stratified thermal storage tanks and their calculation methods providing stable temperature stratification is topical.

Methods

The calculation and experimental method is applied. A nonlinear second-order equation of fluid motion along the path under the Archimedean forces is compiled. A solution to the problem for a water distributor of small length with smooth walls in the absence of friction losses is obtained. The general solution for a long-length water distributor with rough walls was obtained by numerically solving a boundary value problem. Experiments to verify the obtained solutions were carried out on an aerodynamic stand.

* Book on the “Solntse”. User’s Manual for Designing Systems of Solar Heat Supply, 06/2010. URL: www.viessmann.ua.

Design Documentation: Helio-Engineering Equipment Logasol for Heating and Hot Water Supply, 03/2013. URL: www.buderus.ru.

Results and Discussion

Let us consider water delivery by a water distributor of constant cross section with uniform perforations over the length (Fig. 1*a*). If we replace the perforations by a nominal slot of constant width (Fig. 1*b*) and set up the Bernoulli equation with respect to sections *x* and *x* + *dx*, we obtain the differential equation [4]:

$$\overline{W_{\bar{x}}}''\,\overline{W_{\bar{x}}}' + p\overline{W_{\bar{x}}}'\,\overline{W_{\bar{x}}} + q\overline{W_{\bar{x}}}^{2} = p\mathrm{Ri}, \tag{1}$$

where

$$p = \mu^2\overline{f}^2;\ q = -0.5\mu^3\overline{f}^2\lambda\bar{l}\ ;\ \mathrm{Ri} = \frac{-gl}{W_b^2}\frac{\Delta p}{p};\ \Delta\rho = \rho_0 - \rho; \tag{2}$$

$$\overline{f} = \frac{\delta l}{F} = \frac{f}{F};\ \delta = ma;\ d_e = \frac{4F}{P};\ \bar{l} = \frac{l}{d_e}; \tag{3}$$

$$\overline{W}_{\bar{x}} = \frac{W_x}{W_b};\ \bar{x} = \frac{x}{l}. \tag{4}$$

The boundary condition are

$$\text{for}\ \begin{cases} \bar{x} = 0\overline{W}_0 = 0, \\ \bar{x} = 1\overline{W}_b = 0. \end{cases} \tag{5}$$

In Eqs. (1)—(5), W_b and W_x are the water velocity at the beginning of the distributor and in section $x(\mathrm{m/sec})$; l, P, d_e, and δ are the length, perimeter, equivalent diameter, and width of the nominal slot of the distributor (m); F and f are the cross-sectional areas of distributor and slot (m^2); δ is the area of a perforation (m^2); m is the number of perforations per m of length $(1/\mathrm{m})$; p_0 and ρ are the density of the surrounding and distributed water $(\mathrm{kg/m}^3)$; λ and μ are the coefficients of resistance of friction and the flow; and g is the acceleration to gravity $(\mathrm{m/sec}^2)$. The subscripts 0 and b indicate the cross section at the stop end of the distributor and at the beginning of the distributor.

The $\mu\overline{f}$ are called the nominal slot parameter; $\lambda\bar{l}$ are called the distributor parameter. The dimensionless complex Ri is the modified Richardson number, wich characterizes the relationship between the Archimedes forces and interial forces at the beginning of the distributor. In particular, Ri = 0.5 means that these forces are equal $\left(-gl\Delta\rho = 0.5\rho W_b^2\right)$.

If the Archimedes forces are directed upward $(\Delta\rho > 0)$, then $\mathrm{Ri} < 0$; otherwise $(\Delta\rho < 0)$ we have $\mathrm{Ri} > 0$.

Equation (1) and conditions (5) yield a complete mathematical formulation of the boundary value problem under consideration.

Let us assume that it has been solved, i.e., we have determined the relative water velocity inside the distributor:

$$\overline{W}_{\bar{x}} = \varphi\left(p, q, Ri, \bar{x}\right). \tag{6}$$

In this case the relative average velocity of outflow from the slot

$$\overline{V}_{\bar{x}} = \frac{V_x}{V_{av}} = \frac{FW'_x}{V_{av}\delta l} = \frac{FW_b}{V_{av}\delta l} \times \overline{W}'_{\bar{x}} = \overline{W}'_{\bar{x}}, \tag{7}$$

where V_{av} is the average water velocity over the entire area of the slot.

We should note that, in the case of uniform delivery, $\overline{V}_{\bar{x}} = 1$. In a stratification accumulator, the distributor provides nonunifrom delivery, as a result of the Archimedes forges, the delivery being characterized by maximum outflow velocity in one extreme section where the difference $\Delta p \approx 0$, and minimum velocity in the opposite one. Allowing for the fact that to eliminate sucking of water into the distributor $\overline{V}_{\bar{x}} \geq 0$, the conditions for which it should be designed are as follows (Fig. 1*b*):

$$\text{for } \mathrm{Ri} = 0 \quad \overline{V}_{\bar{x}} \approx 1; \tag{8}$$

$$\text{for } \mathrm{Ri} < 0.5 \quad \overline{V}_{\bar{b}} = 0; \tag{9}$$

$$\text{for } \mathrm{Ri} > 0.5 \quad \overline{V}_0 = 0. \tag{10}$$

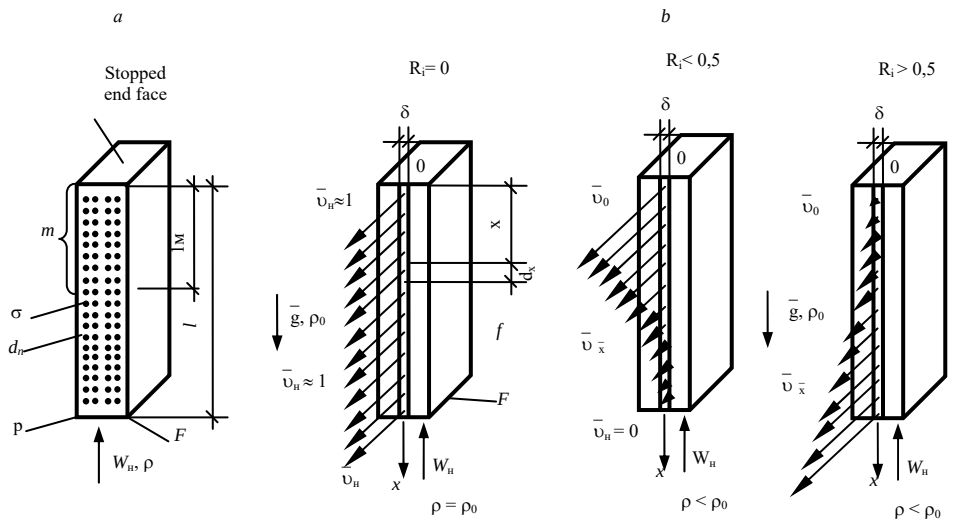


Fig. 1. Diagram of water distributor of constant cross section with uniform perforation (*a*) and with a nominal slot of constant width (*b*)

A decisive quantity in calculations for the distributor is the nominal slot parameter $\mu\overline{f}$. According to [5], condition (8) is satisfied for $\mu\overline{f} \le 1$. The nominal slot parameter such that expressions (9) or (10) are satisfied will be called critical.

Let us establish how $\mu\overline{f}^{cr}$ depends on Ri; for this we simplify the problem somewhat. Let us assume that the length of the distributor is small, and that it has smooth walls, i.e. $\lambda\overline{l} = 0$. Then Eq. (1) becomes

$$\overline{W}''_{\overline{x}}\overline{W}'_{\overline{x}} + p\overline{W}'_{\overline{x}}\overline{W}_{\overline{x}} = p\mathrm{Ri}. \tag{11}$$

For the case $\mathrm{Ri} = 0$ the solution of initial differential equation (11) has the following from. With allowance for (5) [5]

$$\overline{W}_{\overline{x}} = \frac{\sin\sqrt{p}\,\overline{x}}{\sin\sqrt{p}} = \frac{\sin\mu\overline{f}\,\overline{x}}{\sin\mu\overline{f}}. \tag{12}$$

Hence the relative outflow velocity is

$$\overline{V}_{\overline{x}} = \overline{W}'_{\overline{x}} = \mu\overline{f}\,\frac{\cos\mu\overline{f}\,\overline{x}}{\sin\mu\overline{f}}. \tag{13}$$

Substituting condition (9) into (13), we find

$$\mu\overline{f}^{cr} = \frac{\pi}{2} \approx 1.57.$$

For $\mathrm{Ri} \ne 0$, integration of (11)

$$\overline{W}''_{\overline{x}} + p\overline{W}^2_{\overline{x}} = 2pRi\overline{x} + 2C_1 \tag{14}$$

and the change of variable

$$\overline{W}_{\overline{x}} = \frac{1}{\sqrt{p}}\psi\sin y\left(\overline{x}\right) \tag{15}$$

yields

$$y' + \frac{\psi'}{\psi}\tan y = \pm\sqrt{p}, \tag{16}$$

where

$$\psi = \sqrt{2p\mathrm{Ri}\overline{x} + 2C_1}. \tag{17}$$

Allowing for the that small argument values $\tan y \approx y$, we obtain

$$y' + \frac{\psi'}{\psi}y = \pm\sqrt{p}. \tag{18}$$

The general solution of linear equation (18) is

$$y = \pm\frac{2}{3}\sqrt{p}\left(\bar{x} + \frac{C_1}{p\mathrm{Ri}}\right) + \frac{C_2}{\sqrt{p\mathrm{Ri}\bar{x} + C_1}}, \tag{19}$$

from wish we obtain, taking account of (17) and (15),

$$\overline{W}_{\bar{x}} = \sqrt{2\mathrm{Ri}\bar{x} + \frac{2C_1}{p}}\sin\left[\pm\frac{2}{3}\sqrt{p}\left(\bar{x} + \frac{C_1}{p\mathrm{Ri}}\right) + \frac{C_2}{\sqrt{p\mathrm{Ri}\bar{x} + C_1}}\right]. \tag{20}$$

Substituting (9), (10), and (5) into (14) and (20), and also allowing for the fact that $\mu\overline{f}^{cr} = 0,$ we find

$$\mu\overline{f}^{cr} = \begin{cases} \dfrac{1.5\pi\mathrm{Ri}}{1-(1-2\mathrm{Ri})^{3/2}} & \text{for } \mathrm{Ri} \le 0.5, \\ 1.5\mathrm{Arc}\sin\dfrac{1}{\sqrt{2\mathrm{Ri}}} & \text{for } \mathrm{Ri} \ge 0.5. \end{cases} \tag{21}$$

Formula (21) is approximate, and the error involved in using it increases with the variable $y(\bar{x})$; as follows from (15), it varies on the interval of existence of the arcsine functions, i.e., $|y| \le 1$. To estimate it's accuracy, differential equation (11) was solved numerically the colocation method.

Experiments aimed at checking the theoretical solutions were conducted on an aerodynamic test stand (Fig. 2) with heated air.

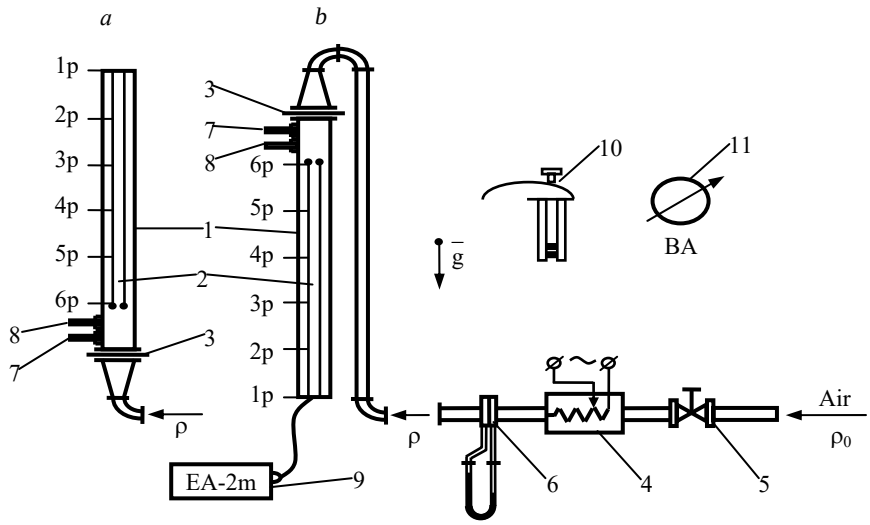


Fig. 2. Basic diagram of aerodynamic test stand for investigating distribution under conditions $\mathrm{Ri} < 0$ (*a*) and $\mathrm{Ri} > 0$ (*b*): *1* — distributor being tested; *2* — longitudinal slot equipped with a baffle; *3* — rectifying grid; *4* — electric heater; *5* — shutoff; *6* — normal choke diaphragm with manometer; *7*, *8* — dry and wet thermometers; *9* — thermal anemometer; *10* — psychrometers; *11* — barometer

The length of the air distributor was 1.5 m; the diameter was 0.2 m. A slit 0.05 m wide, equipped with a baffle, was made along its length. Experiments were conducted for fixed baffle conditions corresponding to $\mu\overline{f}^{cr}$ from 0.3 to 1.5 with a 0.2 step, and were repeated for varying degress of roughness of the inner surface of the air distributor (for which the latter was covered with grinding-cloth).

The air distributor was carefully heat-insulated. The air velocity was measured at six points (Fig. 2) by an EA-2M semiconductor thermoanemometer, while the temperature of the heated air was measured by mercury thermometers and the ambient air temperature by an Asman psychrometric. To ensure accuracy, the air flowrate was determined twice: by a normal choke diaphragm and on the basis of the average outflow velocity, with the results being balanced. An experiment was regarded as satisfactory if the discrepancy of the balance did not exceed ∓ 10 %. The control and measurement instruments made it possible to measure the temperature to with in ∓ 1 °C, the velocity to ∓ 0.1 m/sec, and the pressure drop to ∓ 1 mm $H_2 0$.

The essential feature of the experiment was determination of Ri for vari ous $\mu\overline{f}^{cr}$. By varying the flowrate and temperature of the heated air, we established outflow conditions from the slot such that $\overline{V}_b = 0$ (or $\overline{V}_0 = 0$), i.e., conditions corresponding to (9) or (10).

As follows from Fig. 3, wish shows theoretical plotted on the basis of formula (21) and computer calculations, and also experimental date, the theoretical and experimental findings are in satisfactory agreement.

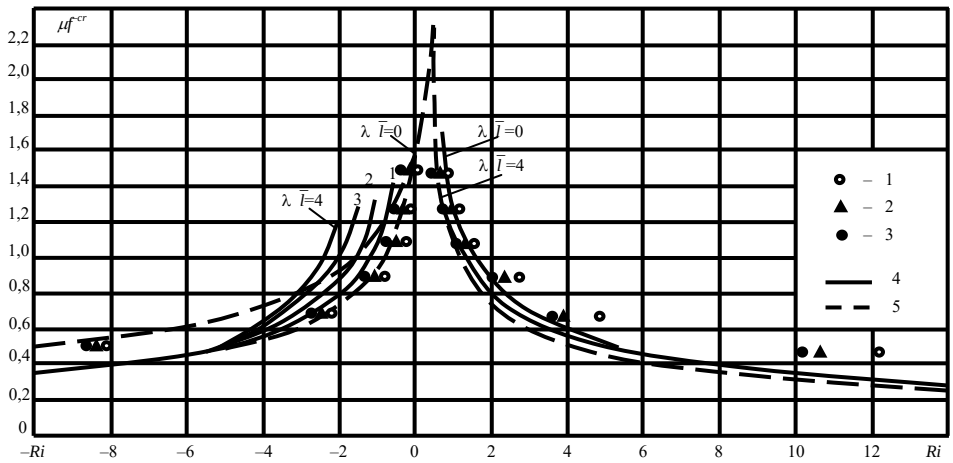


Fig. 3. Critical value of nominal slot parameter $\mu\overline{f}^{cr}$ as a function of Richardson number Ri: *1*, *2*, *3* — experiments for $\overline{\lambda}i = 0.28, 0.30, 0.36$; *4* — calculations based on formula (21); *5* — computer calculations

Formula (21) can be used for making calculations for water distributors for stratification accumulators. The calculations method is similar to that of [6—8], and therefore we will confine ourselves only to making the sequence of calcula-

tions more precise: 1) we calculate d_e, F, and W_b; 2) we determine Ri, $\mu\overline{f}^{cr}$; 3) we calculate the nominal slot area $f = l\delta = \left(\mu\overline{f}^{cr}\right)F/\mu$; 4) we determine the number of perforations $m = f/\delta$; 5) we determine the resistance of the water distributor for $\mathrm{Ri} > 0$:

$$\Delta p = \Delta p_b + \frac{\rho W_b^2}{2} = \left(\frac{V_b^2}{\mu^2 W_b^2} + 1\right)\frac{\rho W_b^2}{2},$$

and for $\mathrm{Ri} < 0$

$$\Delta p = \frac{\rho W_b^2}{2}.$$

In the calculations it is necessary to specify d_e in such a way that $|\mathrm{Ri}| \geq 1.5$; otherwise the condition $\mu\overline{f}^{cr} \leq 1$ (see Fig. 3), which follows from (8), will not be observed.

Conclusions

For water distributors of small length with smooth walls, an analytical solution to the problem is obtained. For long-length water distributors with rough walls, a numerical solution was made and calculated curves were constructed for the design of self-regulating active elements with selective distribution of water along the height of the stratification accumulator, depending on its temperature.

Experimental studies to verify the theoretical solutions of the developed physical and mathematical model of self-regulating active elements for selective distribution of the coolant depending on temperature, carried out on a universal aerodynamic stand, confirmed good agreement between the calculated and experimental data.

Notation

W_b, W_x, W_0 are the water velocities at the beginning of the distributor, in cross section *x*, and at the end, respectively (m/sec); $\overline{W}_{\bar{x}}$ is the relative water velocity; V_b, V_x, V_0, and V_{av} are the outflow velocity from the slot at the beginning of the distributor, in cross section *x*, at the end, and as averaged over the area of the slot, respectively (m/sec); $V_{\bar{x}}$ is the relative outflow velocity of the water; *x* is the distance from the stop end of the distributor to the cross section under consideration; $\bar{x}$ is the relative distance; l, P, d_e, and δ are the length, perimeter, equivalent diameter, and width of the nominal slot of the distributor, respectively (m); $\bar{l}$ is the relative length; *F* and *f* are the cross-sectional areas of the distributor and nominal slot (m^2); $\overline{f}$ is the relative area of the slot; δ is the area of a perforation (m^2); *m* is the number of perforations parameter of length (1/m); ρ_0 and ρ are the entities of the surrounding and distributed water ($\mathrm{kg/m}^3$); $\Delta\rho$ is the difference in densities ($\mathrm{kg/m}^3$); λ and μ are the coefficients of resistance of friction and the flowrate; *g* is the acceleration due to gravity (m/sec); $\mu\overline{f}$ and $\mu\overline{f}^{cr}$ are the parameter and

critical parameter of the nominal slot; $\lambda\bar{l}$ is the parameter of the water distributor; $\psi, y\left(\bar{x}\right)$ are functions of $\bar{x}$; C_1, C_2 are constants of integration; p and q are the constant coefficients of the differential equation; and Ri is the modified Richardson number.

Acknowledgments

The work was done with the financial support of the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan in the framework of the fundamental grant BV-M-F3-003.

REFERENCES

1. Duffie J. A., Beckman W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes.* Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, 2013. 928 p.

2. Rashidov Yu. K., Rashidov K. Yu., Mukhin I. I., Suratov Kh. T., Orzimatov J. T., Karshiev Sh. Sh. Main reserves for increasing the efficiency of solar thermal energy in heat supply systems (review). *Applied Solar Energy*, 2019, vol. 55, no. 2, pp. 91—100.

3. Carvalho M. J., Collares-Pereira, M., Cunha F. M., Vitorino C. An experimental comparison of operating strategies for solar water systems. *Solar Energy*, 1988, vol. 41, p. 33.

4. Rashidov Yu. K., Rashidov K. Yu. The main changes made to the building codes and regulations of the "Solar Hot Water Installations" to increase energy efficiency of projected solar power plants // Applied Solar Energy, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 219—222.

5. Taliev V. M. Aerodynamics of Ventilation. Moscow, 1963. [In Russ.]

6. Szokolay S. V. *Solar energy and building.* London, New York, Halsted Press Division, Wiley, 1975. 148 p.

7. Lochrike R. I., Holzer I. C., Gazi H. N., Sharp M. K. Stratification enhancement in liquid thermal storage tanks. *Journal of Energy*, 1979, vol. 3, no. 3, pp. 129—130.

8. Rashidov Yu. K., Orzimatov J. T., Rashidov K. Yu., Fayziev Z. X. The method of hydraulic calculation of a heat exchange panel of a solar water-heating collector of a tube-tube type with a given nonuniform distribution of fluid flow along lifting pipes. *Applied Solar Energy*, 2020, vol. 56, no. 1, pp. 30—34.

© Бобоев С. М., Эшматов М. М., Айтмуратов Б., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Бобоев С. М., Эшматов М. М., Айтмуратов Б. Расчетно-экспериментальное исследование водораспределителя стратификационного теплового аккумулятора системы солнечного отопления // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 129—137.

Об авторах:

Бобоев Собиржон Муродуллаевич — д-р техн. наук, академик, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Эшматов М. М. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Айтмуратов Б. — Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Sobirzhon M. Boboev, M. M. Eshmatov, B. Aitmuratov

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

CALCULATION AND EXPERIMENTAL STUDY OF WATER DISTRIBUTOR OF STRATIFICATION HEAT ACCUMULATOR OF SOLAR HEATING SYSTEM

The work was done with the financial support of the Ministry of Innovative Development of the Republic of Uzbekistan in the framework of the fundamental grant BV-M-F3-003.

The calculation method for a water distributor of a constant cross section uniformly perforated along the height for a multilayer stratified thermal storage tank used in solar heating and hot water supply systems was developed.

K e y w o r d s: water distribution, heat accumulator**,** solar heating system, stratifications accumulator.

For citation:

Boboev S. M., Eshmatov M. M., Aitmuratov B. [Calculation and experimental study of water distributor of stratification heat accumulator of solar heating system]. *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], 2022, iss. 3, pp. 129—137.

About authors:

Sobirzhon M. Boboev — Doctor of Engineering Sciences, Academician of Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

M. M. Eshmatov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

B. Aitmuratov — Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

УДК 72.021.4

С. В. Корниенко

Волгоградский государственный технический университет

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Необходимость внедрения современных конкурентоспособных импортозамещающих технологий требует поиска новых подходов к энергосбережению в производственных зданиях. Систематизированы градостроительные, архитектурно-конструктивные и инженерно-технические решения производственных зданий, нацеленные на поддержание экологического баланса в окружающей среде, избегая при этом истощения природных ресурсов и других негативных последствий для строительной отрасли.

Ключевые слова: производственное здание, энергоэффективность, городской микроклимат, зеленые крыши, солнечная энергия.

Введение

Строительство все больше влияет на мировое потребление энергоресурсов. По данным Международного энергетического агентства (IEA), здания потребляют около 36 % общей энергии и производят 40 % выбросов парниковых газов в атмосферу [1]. При этом доля ископаемого топлива превышает 80 % от мирового потребления ресурсов [2]. Высок углеродный след от строительной деятельности. Между тем запасы органического топлива (газа, нефти, угля) ограничены, что может уже в ближайшей перспективе создать дефицит энергии.

В России здания и сооружения потребляют огромное количество топливно-энергетических ресурсов. Расход топлива на теплоснабжение зданий составляет 40 % всего добываемого топлива. При этом на гражданские (жилые и общественные) здания расходуется 26 %, на производственные здания — 14 %. Удельная энергопотребность в строительстве, к сожалению, не сокращается. В современных зданиях потребность в энергии больше, чем в зданиях, построенных в середине прошлого столетия.

В результате устойчивое развитие архитектуры и строительства стало главной проблемой [3]. Актуальность проблемы повышается в связи с острой необходимостью внедрения современных конкурентоспособных импортозамещающих технологий, что неизбежно приведет к росту промышленного производства и потребления энергии [4]. Решение этой проблемы требует поиска новых подходов к энергосбережению в производственных зданиях и нацелено главным образом на поддержание экологического баланса в окружающей среде, избегая при этом истощения природных ресурсов и других негативных последствий для строительной отрасли.

В настоящее время основное внимание уделяется вопросам энергосбережения и повышения энергоэффективности жилых и общественных зданий. К числу мер, направленных на снижение потребления энергии, относят: повышение плотности застройки и компактности зданий, повышение уровня теплоизоляции оболочки здания, обеспечение требуемого воздухообмена в помещениях, регулирование солнечных теплопоступлений, применение автоматизиро-

ванных систем климатизации здания, использование возобновляемых источников энергии. Вместе с тем в фокусе исследований очень мало работ по энергоэффективности производственных зданий и их комплексов. Производственные здания имеют ряд характерных особенностей, что приводит к необходимости по-новому взглянуть на проблему энергоэффективности.

Рассмотрим некоторые пути повышения энергоэффективности производственных зданий.

Улучшение микроклимата производственных территорий

Улучшение микроклимата территорий производственного назначения — важная задача. На производственной территории должны быть обеспечены оптимальные планировочные и санитарно-гигиенические условия, безопасный труд и отдых работающих, а также эстетически осмысленный архитектурный облик промышленной застройки.

При планировке и застройке городских поселений следует учитывать климатические параметры и предусматривать мероприятия по улучшению мезо- и микроклиматических условий поселений. К ним относятся: правильное расположение здания, защита от ветра, обеспечение аэрации территорий, улучшение температурно-влажностного режима путем озеленения и обводнения, рациональное использование солнечной радиации.

Учет направления господствующих ветров при размещении производственных зданий и предприятий является эффективным средством защиты города от вредных технологических выбросов в атмосферу. Здания располагают с подветренной стороны по отношению к жилой зоне (рис. 1).

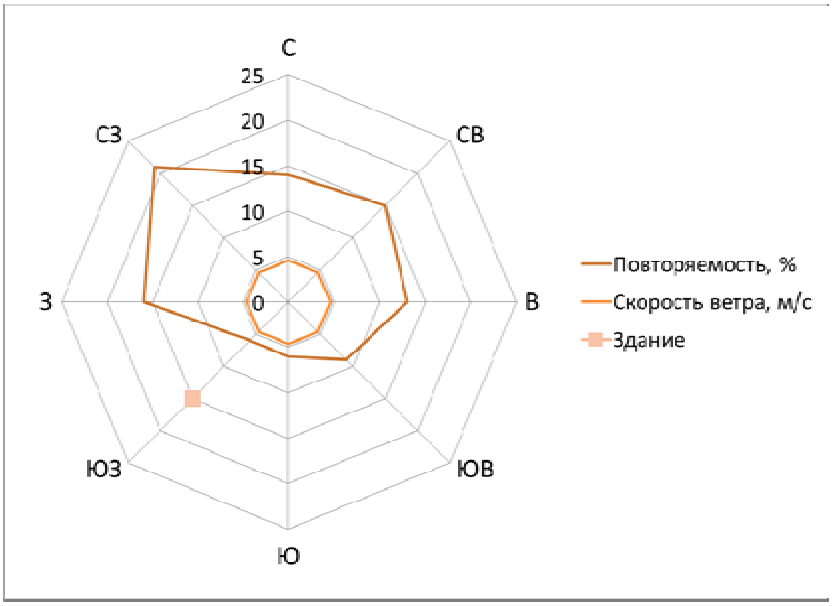


Рис. 1. Расположение производственного здания с учетом розы ветров (Волгоград, июль)

Защита от ветра и аэрация обеспечивается размещением зданий на территории производственной зоны, их планировкой, комплексным благоустройством территории.

Для улучшения микроклимата рекомендуется озеленение и обводнение промышленных территорий в виде газонов, кустарников, вьющихся деревьев с густыми широкими кронами (табл.).

Улучшение теплового режима средствами озеленения и обводнения территории согласно натурным измерениям [5]

Мероприятия по улучшению теплового режима	Снижение температуры поверхности TS, К	Снижение средней радиационной температуры MRT, К	Снижение стандартной эффективной температуры SET, К
Полив дороги	10,0	0,3…1,9	0,1…0,8
Зонтик	—	15,0	7,0
Поверхность воды	15,0	0,2…1,6	0,1…1,2
Полив тротуара	5…10	1,3…4,0	0,9…2,5
Распыление воды	—	2,9...19,4	1,2…8,2
Дерево	17,4	16,1	6,8

Анализ данных табл. показывает, что максимальное снижение температуры поверхности отмечается под плотной кроной дерева (17,4 К), распыление воды дает максимальное снижение средней радиационной температуры (19,4 К), а максимальное снижение стандартной эффективной температуры обеспечивают зонтики (7,0 К).

Размещение производственных зданий должно обеспечивать требуемую продолжительность инсоляции помещений и территорий. Ограничение теплового воздействия инсоляции в жаркое время года должно обеспечиваться затеняющими устройствами и рациональным озеленением. Развитие зеленой инфраструктуры смягчает эффект городского теплового острова и имеет высокий потенциал энергосбережения [6].

Теплозащита оболочки

При строительстве одноэтажных и многоэтажных производственных зданий, как правило, применяется каркасная система. Она позволяет наилучшим образом организовать планировку здания согласно технологическим требованиям, четко выделить несущий остов здания, отвечающий за обеспечение требований механической безопасности, и внешнюю оболочку, подвергающуюся различным климатическим воздействиям в процессе эксплуатации здания.

Внесенные изменения в нормы тепловой защиты производственных зданий значительно повысили требования к теплотехническим характеристикам ограждающих конструкций, ограничили площади светопропускающих конструкций [7]. С учетом этого существенно расширилась номенклатура эффективных теплоизоляционных материалов и энергосберегающих изделий [8].

В настоящее время для стеновых ограждающих конструкций широко применяют трехслойные сэндвич-панели с эффективным утеплителем. Такая конструкция состоит из трех основных слоев: внутреннего бетонного толщиной 80 мм, наружного бетонного толщиной 65 мм и среднего теплоизоляционного в виде плит из полимерных и минераловатных материалов. Толщину теплоизоляционного слоя определяют теплотехническим расчетом. Цель-

ность конструкции создается в процессе формования. Совместную работу в наружной стеновой панели обеспечивают связи из коррозионно-стойкой стали или из полимерных композитов.

Трехслойные сэндвич-панели имеют повышенную долговечность, огнестойкость, малую деформативность. Однако большая масса панелей, высокая трудоемкость стыковых соединений, сравнительно низкая теплотехническая однородность (при использовании металлических связей) приводят к удорожанию монтажа и эксплуатации конструкций.

Снижению массы и повышению несущей способности панелей, улучшению их теплотехнических характеристик способствовало использование высокопрочного бетона. Это позволило получить тонкостенные сэндвич-панели. В них толщина бетонных слоев может быть снижена до 40 мм, а использование жесткого плитного утеплителя из экструдированного пенополистирола с перфорированной внутренней поверхностью и специальных связей-коннекторов из композитных материалов позволило достичь высоких механических и теплотехнических характеристик изделий [9].

Профилирование наружной поверхности панели дает возможность улучшить тепловой режим и теплотехнические характеристики конструкции в летний период. Такой эффект самозатенения снижает облучение поверхности прямым солнечным светом и, следовательно, повышает теплоустойчивость конструкции. По результатам численного моделирования процесса радиационного теплообмена установлено, что разность температур между нагретыми и затененными участками поверхности может достигать 5…10 К (по данным J. Essary и др.). Эффект самозатенения присущ природным объектам. Например, затеняющие ребра кактуса спасают растение от дневной жары, а ночью способствуют дополнительному охлаждению поверхности вследствие радиационно-конвективного теплообмена. Конструкции самозатеняющихся панелей биомиметичны, экологически устойчивы, энергоэффективны [10], что создает широкие перспективы их практического применения в фасадных системах производственных зданий (рис. 2).

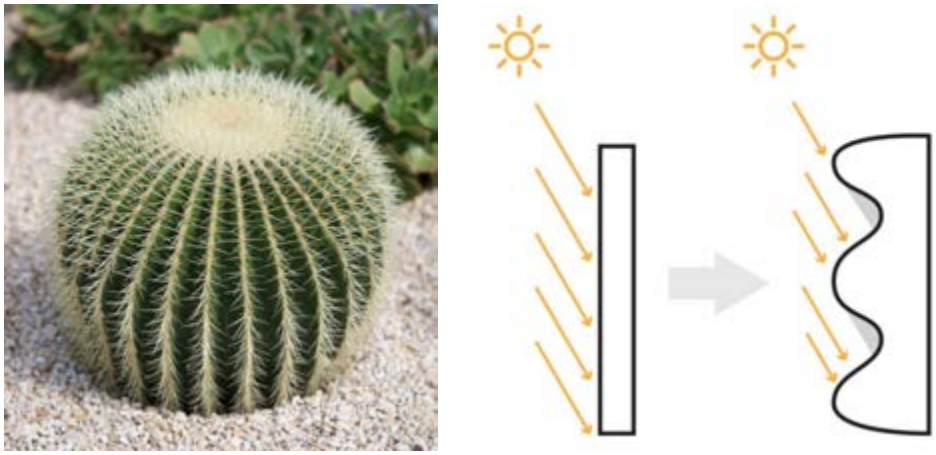


Рис. 2. Биомиметика в архитектуре (слева — кактус, справа — схема самозатеняющейся панели)

Блокирование корпусов повышает компактность производственного здания и является эффективной стратегией повышения энергоэффективности путем совершенствования формы здания [11].

Существенно повышены требования к теплотехническим характеристикам светопропускающих конструкций. Широко применяются окна в виде стеклопакетов с селективными свойствами с рамами из поливинилхлорида, стеклопластика, алюминия с термовставками и др.

Экоустойчивые крыши

К экоустойчивым относят зеленые, белые и водоналивные крыши. Рассмотрим основные особенности этих крыш.

Озеленение крыш — мировой тренд биоклиматической архитектуры. Зеленые крыши представляют собой сложные системы с растительным слоем, покрывающим внешнюю поверхность конструкции. По сравнению с традиционными черными крышами они имеют экологические и энергетические преимущества [12].

Строительство производственных зданий с зелеными крышами актуально по нескольким причинам. Зеленые крыши эстетически привлекательны [13]. Зеленые насаждения затеняют поверхность крыши, что особенно важно в условиях жаркого климата. Эквивалентное альбедо зеленых крыш (с учетом эффекта испарительного охлаждения) составляет 0,7…0,85 по сравнению с альбедо 0,1…0,2 для черных крыш [14], поэтому зеленые крыши отражают солнечное излучение более эффективно, чем большинство обычных крыш.

Растительный слой не только отражает солнечное излучение, но и служит дополнительным теплоизоляционным слоем. Содержание влаги в грунтовом слое (субстрате) существенно влияет на его теплоизолирующие свойства. Хорошо известно, что чем влажнее материал, тем хуже его теплоизоляция. Например, увеличение толщины слоя сухого глинистого грунта на 100 мм приводит к росту сопротивления теплопередаче на 0,4 $м^2 \cdot К/Вт$, в то время как при влагосодержании того же грунта, равном 40 %, — только на 0,063 $м^2 \cdot К/Вт$ [14]. Дополнительный теплоизолирующий эффект связан с тепловой массой грунта. Дополнительная нагрузка на конструкцию при экстенсивном озеленении крыши составляет около 120…150 $кг/м^2$, что, как правило, находится в допустимых границах для большинства зданий.

Зеленая крыша способствует пассивному охлаждению помещений в теплый период. Тепловые волны, возникающие на поверхности крыши, быстро затухают в толще конструкции и не оказывают существенного влияния на микроклимат помещения. В результате снижаются нагрузки на инженерные системы. Максимальный эффект снижения годового потребления энергии, как показывают расчеты, обеспечивается при озеленении существующих крыш, имеющих невысокий уровень теплоизоляции. Поэтому устройство зеленых крыш является эффективным способом при термореновации производственных зданий.

По сравнению с традиционной черной крышей можно отметить множество других преимуществ зеленой крыши, таких как регулирование ливневых стоков, повышение качества стока воды, улучшение качества городского воздуха, высокие акустические характеристики.

Эффективным способом защиты производственных помещений от солнечного излучения в условиях жаркого климата является строительство белых крыш. Основной эффект в таких конструкциях обусловлен нанесением на внешнюю поверхность крыши тонких эластомерных, полиуретановых или фторуглеродных покрытий, хорошо отражающих солнечный свет. Строительство белых крыш является стратегией пассивного охлаждения помещений, не требующей применения дорогостоящих инженерных систем.

Как показано в [15], применение фторуглеродного покрытия улучшает тепловые и оптические характеристики крыши. После нанесения такого покрытия на профилированный металлический лист альбедо крыши изменилось с 0,3 до 0,67, т. е. увеличилось в 2,2 раза. При этом нагрузка на охлаждение здания снизилась на 73 %, а отопительная нагрузка выросла на 5 %. Это особенно важно, так как многие производственные здания имеют значительные теплоизбытки и, следовательно, требуют больших затрат энергетических ресурсов на охлаждение.

Водоналивная крыша представляет собой испарительно-отражательную систему, состоящую из ванны с водой, установленной на плоскую невентилируемую крышу. Боковые поверхности ванны теплоизолированы. Сверху ванна имеет динамическую отражательную теплоизоляцию, например подвижные алюминиевые экраны. Между поверхностью воды и экранами имеется воздушный зазор. В дневное время поверхность ванны закрыта экранами, что препятствует нагреву воды под действием интенсивного солнечного излучения. Ночью, когда поверхность ванны открыта, обеспечивается снижение температуры воды за счет испарительного охлаждения. По сравнению со стандартной бетонной крышей устройство водоналивной крыши может снизить температуру воздуха в помещении на 8 К [14].

Инженерные системы

Инженерные системы являются главными потребителями энергии в процессе эксплуатации производственных зданий. Основным направлением совершенствования инженерных систем является применение технических решений и оборудования, позволяющих устранить или сократить избыточные затраты на нагрев, охлаждение и вентиляцию помещений, устранить или сократить избыточное водопотребление и освещение.

Оптимальные параметры воздушной среды обеспечивает правильная организация воздухообмена в производственных помещениях. Воздухообмен создают с помощью естественной или искусственной (с механическим побуждением) вентиляции.

Эффективной стратегией является естественная вентиляция помещений. Она не требует применения дорогостоящего инженерного оборудования, проста и надежна в эксплуатации. Естественную организованную вентиляцию (аэрацию) применяют в помещениях, где по технологическим условиям допустимы колебания температуры и влажности воздуха [16]. Приточные проемы располагают преимущественно в окнах наружных стен, вытяжные — в фонарных надстройках. Неорганизованный приток воздуха за счет инфильтрации предельно сокращают по требованиям энергосбережения.

Вентиляцию с механическим побуждением применяют в производственных помещениях, в которых по условиям технологии следует ограничить колебания температуры и влажности. По сравнению с естественной, механическая

вентиляция позволяет более точно регулировать параметры микроклимата, однако имеет более высокую стоимость и менее экологична.

В производственных зданиях наряду с мероприятиями и техническими решениями, принятыми в гражданском строительстве, такими как снижение трансмиссионных и инфильтрационных тепловых потерь, сокращение расходов теплоты на отопление и вентиляцию, уменьшение расхода воды и теплоты на горячее водоснабжение, используют иные технические решения. Так, избыточные тепловыделения могут быть эффективно использованы для обогрева холодных зон за счет прямого использования, установки утилизаторов, применения теплонасосных систем. В производственных зданиях с теплонедостатками в холодный период года сокращение расходов теплоты осуществляется для отдельных участков обслуживаемой зоны помещения с помощью инфракрасного газового отопления, локального отопления при помощи завес и др. Сокращение воздухообмена осуществляется с помощью местных отсосов и рециркуляции, а также компенсационных укрытий [17].

Эффективной стратегией является естественное освещение помещений. Естественное освещение применяют в большинстве производственных помещений с постоянным пребыванием людей. Повышение компактности и этажности производственных зданий затрудняет применение традиционных систем бокового, верхнего и комбинированного освещения. Боковые окна могут обеспечить естественным светом помещения глубиной до 6 м, остальная часть помещений, включая ядро здания, не имеет достаточного света. Световые фонари, расположенные в покрытии, могут осветить только один верхний этаж, следовательно, они неприменимы в многоэтажных производственных зданиях. Снижение уровня естественного освещения во многих помещениях заставляет увеличивать мощность искусственного освещения, что снижает энергоэффективность всего здания. Обеспечить доступ дневного света в глубину здания позволяют инновационные системы естественного освещения [18]: пассивные солнечные трубы, фокусирующие световые коллекторы, следящие за солнцем, полые трубчатые световоды, гелиостаты и т. д. Такие системы энергоэффективны и могут найти широкое применение уже в ближайшей перспективе.

Активное использование солнечной энергии

Потенциал солнечной энергии огромен. Еще Архимед с помощью системы зеркал сфокусировал солнечный свет и «огненным лучом» сжег вражеские корабли, атакующие Сиракузы. В современную эпоху подобные устройства были реализованы в виде солнечных концентраторов [19], фотоэлектрических станций [19], фасадных гелиостатов [20].

Активное использование солнечной энергии, безусловно, является перспективным направлением. Особенно актуально использование Солнца для генерации электроэнергии, а также в промышленных целях, например при производстве строительных материалов. В солнечном концентраторе движущиеся зеркала, называемые гелиостатами, следят за положением Солнца и фокусируют солнечные лучи на ресивер, расположенный на специальной башне (рис. 3). Поглощенная ресивером энергия нагревает рабочую жидкость до высокой температуры, порядка 300…700 °С. Предусмотрена возможность аккумулирования тепловой энергии.

Рис. 3. Солнечный концентратор [19]: слева — общий вид; справа — гелиостат

По сравнению с солнечным концентратором фотоэлектрическая станция обеспечивает выработку энергии при меньших затратах, однако аккумулирование и хранение электрической энергии здесь в целом дороже, чем тепловой. Применение гибридных систем на основе солнечных концентраторов и фотоэлектрических станций позволяет улучшить энергетические характеристики [19].

Перспективной идеей солнечной строительной энергетики является система фасадных гелиостатов [20]. Такое решение предполагает интеграцию гелиостатов в фасады здания (рис. 4).

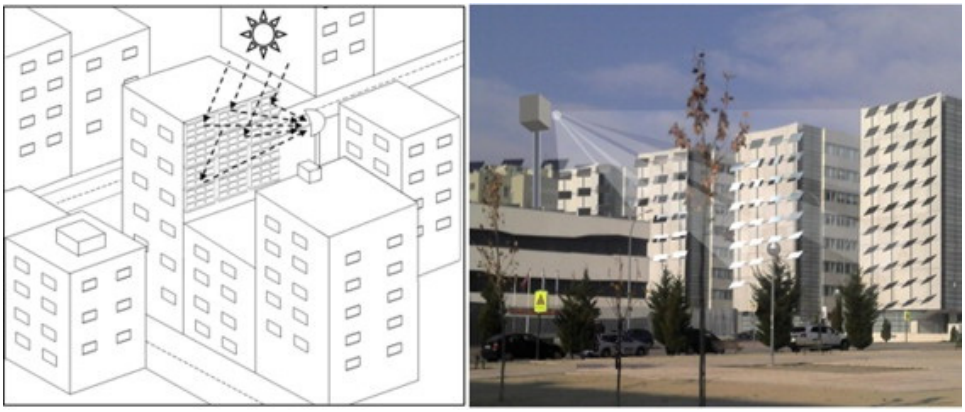


Рис. 4. Фасадные гелиостаты [20]

Фасадные гелиостаты многофункциональны. В зависимости от конкретных требований они могут решать различные функциональные задачи: затенять фасад здания, отражать солнечный свет в атмосферу, направлять рассеянный свет на фасад противостоящего здания для пассивного отопления и естественного освещения, фокусировать солнечные лучи для генерации тепловой и электрической энергии. Фасадные гелиостаты — технологии ближайшего будущего. Они являются результатом поиска архитекторами и инженерами новых энергоэффективных технологий и могут кардинально изменить облик производственных зданий.

Выводы

Необходимость внедрения современных конкурентоспособных импортозамещающих технологий требует поиска новых подходов к энергосбережению в производственных зданиях. Систематизированы градостроительные, архитектурно-конструктивные и инженерно-технические решения, нацеленные на поддержание экологического баланса в окружающей среде, избегая при этом истощения природных ресурсов и других негативных последствий для строительной отрасли. Это улучшение микроклимата производственных территорий, повышение теплозащиты оболочки здания, применение экоустойчивых крыш в условиях жаркого климата, использование более совершенных технических решений и оборудования, повышение роли активного использования солнечной энергии. Решение этих задач позволит разработать новые научно обоснованные типы безуглеродных, биопозитивных, энергоэффективных производственных зданий для развития устойчивой архитектуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Baranova D., Sovetnikov D., Borodinecs A.* The extensive analysis of building energy performance across the Baltic Sea region // Science and Technology for the Built Environment. 2018. No. 24(9). Pp. 982—993.

2. *Weerasinghe A. S., Ramachandra T., Rotimi J. O. B.* Comparative life-cycle cost (LCC) study of green and traditional industrial buildings in Sri Lanka // Energy and Buildings. 2021. Vol. 234.

3. *Табунщиков Ю. А.* Умные безуглеродные города и здания с нулевым энергопотреблением // АВОК. 2016. № 8. С. 4—8.

4. *Корниенко С. В.* Технопарк как способ системного обновления города // Социология города. 2019. № 3. С. 30—43.

5. *Takebayashi H., Danno H., Tozawa U.* Study on appropriate heat mitigation technologies for urban block redevelopment based on demonstration experiments in Kobe city // Energy and Buildings. 2021. Vol. 250.

6. *Hami A., Abdi B., Zarehaghi D., Maulan S. B.* Assessing the thermal comfort effects of green spaces: a systematic review of methods, parameters, and plants' attributes // Sustainable Cities and Society. 2019. Vol. 49.

7. *Корниенко С. В.* О нормировании тепловой защиты зданий с влажным и мокрым режимами // Энергобезопасность и энергосбережение. 2014. № 5. С. 19—24.

8. Actual thermophysical characteristics of autoclaved aerated concrete / N. Vatin, S. V. Korniyenko, A. S. Gorshkov, I. I. Pestryakov, V. Olshevskiy // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 4(96). Pp. 129—137.

9. Building energy performance analysis of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete (UHP-FRC) façade systems / B. Abediniangerabi, S. M. Shahandashti, B. Bell, S.-H. Chao, A. Makhmalbaf // Energy and Buildings. 2018. Vol. 174. Pp. 262—275.

10. *Korniyenko S.* Progressive trend in Adaptive Façade System technology. A Review // AlfaBuild. 2021. No. 1902. DOI: 10.34910/ALF.19.2.

11. *Корниенко С. В.* Биомиметика: идеи, вдохновленные природой // Социология города. 2021. № 4. С. 27—38.

12. A review of energy aspects of green roofs / O. Saadatian, K. Sopian, E. Salleh et al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. Vol. 23. Pp. 155—168.

13. *Korniyenko S. V.* Advantages, limitations and current trends in green roofs development. A review // AlfaBuild. 2021. No. 2002. DOI: 10.34910/ALF.20.2.

14. *Sadineni S. B., Madala S., Boehm R. F.* Passive building energy savings: a review of building envelope components // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Vol. 15. Pp. 3617—3631.

15. On the cooling potential of cool roofs in cold climates: use of cool fluorocarbon coatings to enhance the optical properties and the energy performance of industrial buildings / E. Mastrapostoli, T. Karlessi, A. Pantazaras, D. Kolokotsa, K. Gobakis, M. Santamouris // Energy and Buildings. 2014. Vol. 69. Pp. 417—425.

16. *Brinks P., Kornadt O., Oly R.* Air infiltration assessment for industrial buildings // Energy and Buildings. 2015. Vol. 86. Pp. 663—676.

17. *Гранев В. В.* Энергоэффективные производственные здания // Энергосбережение. 2002. № 6.

18. *Mayhoub M. S.* Innovative daylighting systems' challenges: a critical study // Energy and Buildings. 2014. Vol. 80. Pp. 394—405.

19. Progress in heliostat development / A. Pfahl, J. Coventry, M. Röger et al. // Solar Energy. 2017. Vol. 152. Pp. 3—37.

20. *González-Pardo A., Rodríguez A., González-Aguilar J., Romero M.* Analysis of solar shading caused by building-integrated Vertical Heliostat Fields // Energy and Buildings. 2014. Vol. 76. Pp. 199—210.

© Корниенко С. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Корниенко С. В. Новый взгляд на энергосбережение в производственных зданиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 138—147.

Об авторе:

Корниенко Сергей Валерьевич — д-р техн. наук, зав. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; skorn73@mail.ru

Sergey V. Kornienko

Volgograd State Technical University

A NEW PERSPECTIVE ON ENERGY SAVING IN INDUSTRIAL BUILDINGS

The need to introduce modern competitive import-substituting technologies requires the search for new approaches to energy saving in production buildings. Urban planning, architectural-structural and engineering-technical solutions of industrial buildings aimed at maintaining ecological balance in the environment are systematized. This avoids the depletion of natural resources and other negative consequences for the construction industry.

K e y w o r d s: industrial building, energy efficiency, urban microclimate, green roofs, solar energy.

For citation:

Kornienko S. V. [A new perspective on energy saving in industrial buildings]. *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], 2022, iss. 3, pp. 138—147.

About author:

Sergey V. Kornienko — Doctor of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; skorn73@mail.ru

УДК 69003.13

Р. М. Махмудов, З. И. Холмуродова, А. Т. Алмамедова, С. Ш. Бабаназаров

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

СОЛНЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

В настоящее время в связи с быстрым ростом потребления энергии остро встал вопрос о ее ограничении и экономии путем использования для обогрева и охлаждения помещений солнечной энергией, применения наружных ограждений с повышенными теплозащитными свойствами.

Солнцезащитные устройства имеют большое значение в архитектурной характеристике зданий, особенно в жарком климате Средней Азии. Объясняется это повышенными требованиями к комфорту жилищ, общественных и промышленных зданий, все более широким использованием искусственного климата. Солнцезащитные устройства могут быть постоянными, являющимися неотъемлемой частью здания, или временными, представляющими собой предмет оборудования. Данная статья посвящена этим вопросам.

Ключевые слова: солнцезащитные устройства, козырьки, навесы, лоджии, веранды, галереи, ориентация, жалюзи, ставни, маркизы, зонты.

К строительству в Средней Азии предъявляются высокие требования, продиктованные, с одной стороны, необходимостью уменьшения летнего перегрева, а для отдельных районов — переохлаждения зданий, а с другой стороны, экономическими условиями: снижением трудоемкости и повышением уровня индустриализации строительства, долговечностью, уменьшением капитальных и эксплуатационных затрат [1].

Естественное регулирование микроклимата помещений осуществляется главным образом с помощью архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий, включая озеленение, обводнение территории, солнцезащиту, кубатуру помещений, режим проветривания и характер эксплуатации [2].

В настоящее время в связи с быстрым ростом потребления энергии остро встал вопрос о ее ограничении и экономии путем использования для обогрева и охлаждения помещений солнечной энергии, применения наружных ограждений с повышенными теплозащитными свойствами.

Солнцезащитные устройства имеют большое значение в архитектурной характеристике зданий, особенно в жарком климате Средней Азии. Объясняется это повышенными требованиями к комфорту жилищ, общественных и промышленных зданий, все более широким использованием искусственного климата.

Солнцезащитные устройства могут быть постоянными, являющимися неотъемлемой частью здания, или временными, представляющими собой предмет оборудования.

К постоянным солнцезащитным устройствам относятся такие устройства, как козырьки и навесы над проемами, лоджии, веранды, галереи, специальные горизонтальные и вертикальные приспособления жалюзийного типа.

К временным солнцезащитным устройствам принадлежат все виды солнцезащитного оборудования промышленного производства (жалюзи, шторы, маркизы и т. д.), которые могут быть приспособлены для защиты проемов в процессе эксплуатации зданий.

Выбор системы солнцезащитного устройства не может быть произвольным и в значительной степени зависит от ориентации помещения, подлежащего солнцезащите. Ориентация существенно влияет на выбор типа солнцезащитного устройства (табл.).

Тип солнцезащитного устройства в зависимости от ориентации помещения

Устройство	Ориентация
Козырьки	Ю
Веранды, галереи	Ю, Ю-ЮЗ, Ю-ЮВ, ЮЗ, ЮВ, З-ЮЗ, В-ЮВ,
Лоджии и солнцезащитные устройства ячеистого типа	Ю, Ю-ЮЗ, Ю-ЮВ, ЮЗ, ЮВ
Жалюзи и вертикальные солнцезащитные устройства	З-ЮЗ, В-ЮВ, З, В, З-СЗ, В-СВ
Маркизы	Ю-ЮЗ

По своему типу солнцезащитные устройства делятся на горизонтальные, к которым принадлежат карнизы и козырьки, веранды, галереи, жалюзи, маркизы и т. п.; вертикальные (солнцезащитные устройства постоянного и временного характера); смешанные, такие как лоджии, объемные ячеистые решетки, перфорированные стены и т. п. [3].

Солнцезащитные устройства могут быть регулируемыми и нерегулируемыми. К регулируемым принадлежат солнцезащитные устройства, которые являются предметом оборудования здания: жалюзи, ставни, маркизы, зонты и т. п.

К нерегулируемым относятся в основном постоянные солнцезащитные устройства, составляющие органическую часть здания: козырьки, карнизы, лоджии, веранды, галереи и т. д.

Горизонтальные солнцезащитные устройства

Одним из наиболее распространенных солнцезащитных устройств этого типа являются козырьки. Они экономичны, просты по конструкции и могут быть разного типа. Козырьки выполняются решетчатыми, с планками, размещенными на некотором расстоянии друг от друга. Планки, как правило, располагаются параллельно стене и имеют некоторый наклон по направлению к солнечным лучам. Такой козырек при высоком стоянии может пропускать некоторое количество солнечных лучей. Для защиты проемов от высоких солнечных лучей наклонные планки козырька следует располагать с неровными интервалами (с постепенным уменьшением интервалов в стене). В отдельных случаях для защиты помещения от высоких косых солнечных лучей козырьки делают с планками не параллельными, а перпендикулярными стене. Если вынос козырька по расчету получается большим и сложным по конструкции (например, для солнцезащиты помещений значительной высоты), козырек может быть расчленен на две-три параллельные плоскости, что в два-три раза сокращает глубину выноса козырька.

Однако применение козырьков ограничено. Козырьки являются эффективным средством защиты от солнца лишь при южной и близкой к ней

ориентации зданий. Использование козырьков при других ориентациях зданий нецелесообразно. Козырьки с большим выносом можно применять для солнцезащиты витрин, причем в зависимости от ориентации зданий планки козырька делают параллельными или перпендикулярными плоскости фасада.

Солнцезащитные устройства в виде горизонтальных решетчатых козырьков не препятствуют проветриванию помещений через окна, что способствует улучшению комфортных условий в помещении:

- козырьки, состоящие из отдельных наклонных планок, расположенных параллельно к стене (рис. 1, *а*);
- козырек с планками, расположенными перпендикулярно к стене (рис. 1, *б*);
- с наклонными планками (рис. 1, *в*).

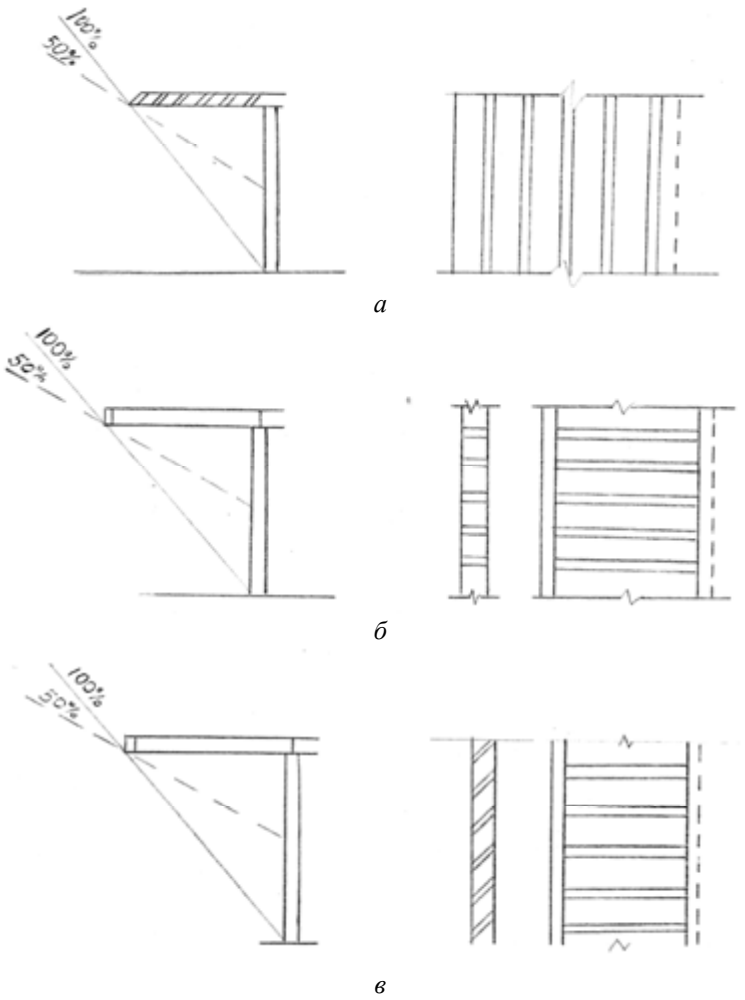


Рис. 1. Солнцезащитные устройства в виде горизонтальных решетчатых козырьков

К солнцезащитным устройствам горизонтального типа относятся также постоянные объемно-планировочные элементы здания: веранды, лоджии, галереи. Они широко используются в зданиях лечебно-оздоровительного характера (санаториях, домах отдыха и пр.). Однако как средства солнцезащиты

они обладают рядом недостатков и в силу этого менее эффективны, чем козырьки. Так, защищая (при южной ориентации) помещения от проникания солнечных лучей, эти устройства не способствуют активному движению воздуха. Воздух, нагреваясь от инсолируемых участков стен и пола, увеличивает общую тепловую нагрузку в помещении. В большей степени это относится к лоджиям, для лучшего проветривания которых рекомендуется делать поперечные перегородки не сплошными, а с отверстиями.

К категории нерегулируемых солнцезащитных устройств, использование которых целесообразно в тех случаях, когда требуется постоянное предохранение помещений от проникания туда низких солнечных лучей, относятся так называемые ширмы-экраны. Их располагают с наружной стороны проема на расстоянии, равном половине высоты проема. Такие ширмы-экраны, выполняемые обычно из дерева, гарантируют защиту помещения от перегрева, не препятствуют свободному обмену воздуха и занимают мало места.

Горизонтальные солнцезащитные устройства стационарного типа — козырьки, лоджии, навесы, веранды, галереи — представляют собой действенные средства защиты от проникания в помещение солнечных лучей лишь при относительно высоком солнце, т. е. при ориентации проемов на южную половину горизонта. Недостатком этого типа солнцезащитных устройств является то, что, гарантируя защиту помещений от проникания в них жарких летних солнечных лучей, эти устройства нередко являются препятствием для инсоляции помещений в нежаркое время дня и года, а иногда и затемнения помещений.

Универсальным типом горизонтальных солнцезащитных устройств являются жалюзи, которые могут быть деревянными, металлическими и пластмассовыми (рис. 2). Жалюзи можно применять при любой ориентации окон. Жалюзи бывают регулируемыми и нерегулируемыми. Они могут быть створными в виде ставен, в обвязку которых вместо глухой филенки вставлены отдельные тонкие пластинки, образующие как бы горизонтальную решетку.

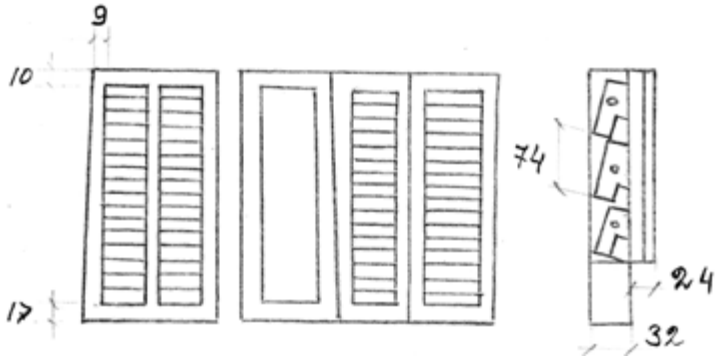


Рис. 2. Солнцезащитные ставни-жалюзи (Швейцария)

Металлические солнцезащитные жалюзи могут быть расположены:

1) с внутренней стороны окна;

2) между оконными переплетами (при двойных переплетах) или между двумя стеклами (при одном переплете с двойным остеклением);

3) с внешней стороны проема при восточной и западной ориентации помещений.

Жалюзи желательно окрашивать в белый цвет, что способствует уменьшению их нагрева солнцем [4].

Солнцезащитные устройства ячеистого типа

Особым видом солнцезащитных устройств являются ячеистые солнцезащитные приспособления. Такие устройства представляют собой сплошную объемную решетку, накладываемую на фасад или часть фасада (рис. 3). При ориентации зданий на юг роль таких солнцезащитных устройств могут играть лоджии.

Солнцезащитные устройства ячеистого типа нередко применяют в зданиях, имеющих сплошное остекление фасадов. Использование таких приемов солнцезащиты рационально при южной ориентации зданий.

Чтобы сделать эти устройства более универсальными, горизонтальные элементы отдельной ячейки выполняют иногда наклонными или даже подвижными. Реже этот прием используется и для вертикальных элементов в целях лучшей защиты от боковых лучей солнца.

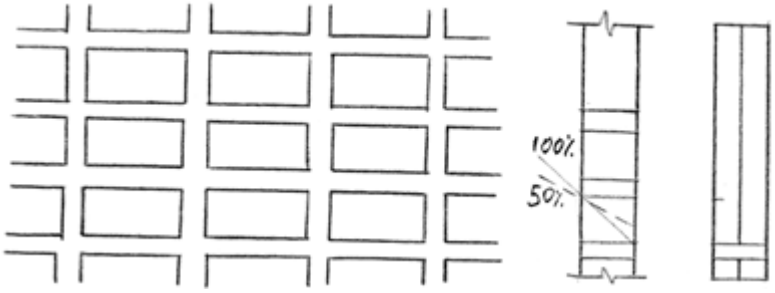


Рис. 3. Солнцезащитные устройства ячеистого типа с неподвижными элементами

Вертикальные солнцезащитные устройства

Вертикальные солнцезащитные устройства применяют в основном при восточной и западной ориентации зданий. При использовании таких солнцезащитных устройств рекомендуется применять систему поворачивающихся на фиксированных осях, а не неподвижно закрепленных вертикальных ребер, что делает эту систему более гибкой и универсальной. Оборудование проемов вертикальными солнцезащитными устройствами делается или поэтажно, или целиком на весь фасад (при сплошном остеклении). Оба эти приема имеют равное распространение в странах с жарким климатом.

Некоторые виды вертикальных солнцезащитных устройств, которые выполнены в виде железобетонных или металлических тонких плоскостей, нормально, под углом примыкают к фасадной стене.

Такие вертикальные солнцезащитные устройства целесообразно применять в сооружениях общественного назначения с крупными по площади и значительными по высоте помещениями.

В настоящее время разработаны системы вертикальных солнцезащитных устройств с поворачивающимися и полностью убирающимися планками. Такие вертикальные солнцезащитные устройства могут располагаться, как и горизонтальные жалюзи, с любой стороны окна или между оконными переплетами. Жалюзи такого типа могут быть успешно использованы в зданиях, требующих поэтажной и покомнатной солнцезащиты.

Правильно выбранная конструкция солнцезащитного устройства защищает здание от прямых лучей в жаркий период и обеспечивает необходимую инсоляцию в нежаркое время (дня и года). Это обязывает при конструировании солнцезащитных устройств стремиться к равновесию между охлаждающей и нагревающей нагрузками.

Наружные солнцезащитные устройства, особенно если они сделаны из плотного непрозрачного материала и связаны со стеной по всему периметру, могут сами явиться при определенных условиях, например в безветренные жаркие дни, проводниками тепла в помещения [4]. В прохладные ветреные дни солнцезащитные устройства могут аккумулировать тепло, идущее от нагретых стен.

В местах, где солнечное излучение особенно значительно, солнцезащитные устройства следует делать из легких материалов и конструкций, иначе они могут аккумулировать солнечное тепло и после захода солнца отдавать это тепло помещению, которое они защищают. Этому же способствует и окраска солнцезащитных устройств в белый цвет (или иные светлые тона): белый цвет поглощает всего 15…20 % солнечного тепла, в то время как желтый и кремовый — до 35 %, оранжевый — 40 %, красный — 60…80 %.

В настоящее время важность и необходимость солнцезащиты окон не вызывает сомнений, особенно в условиях жаркого климата Средней Азии. При проектировании зданий, особенно многоэтажных, возникает необходимость защиты от солнца не только окон, но и непрозрачных участков ограждений, стен и кровли, наружные поверхности которых разогреваются в дневные часы до 60…70 °С и передают в помещение дополнительный поток тепла, ухудшая и без того тяжелый микроклимат в дневной и ночной периоды [5].

Широкое использование новых типов ограждающих конструкций потребует развития промышленного производства таких легких, прочных, погодоустойчивых материалов, как цветные асбестоцементные листы, плоский и профилированный алюминий и нержавеющая сталь, цветное листовое стекло, полимерные материалы и т. д.

Возникает вопрос: можно ли в условиях повышенных тепловых воздействий пользоваться облегченными, высокоэкономичными, индустриальными и малотеплоемкими конструкциями для зданий, расположенных на юге, ограничив теплоизолирующие свойства данных конструкций только по зимним условиям? В этом случае вопросы, связанные с летним перегревом помещений, необходимо решать на принципиально иной основе — освобождения ограждений от аккумулируемого ими радиационного тепла.

Причем необходимо правильно выбрать способ регулирования инсоляции, основанный на применении экранированных устройств, которые улавливают солнечные лучи прежде, чем они достигнут стены. Характерным для малотеплоемких конструкций, к числу которых относятся навесные стены с воздушной прослойкой и солнцезащитным экраном, является их быстрый прогрев и остывание.

Ограждения подобного типа могут более быстро охладить помещение в вечернее и ночное время, в противоположность массивным ограждениям, задерживающим отдачу тепла из помещения в окружающую среду.

Выбор типа экрана и толщины прослойки должен решаться в каждом конкретном случае при конструировании стен здания: если экран входит в состав панели, толщина прослойки не должна превышать 10…15 см, если же

проектируется в виде свободно стоящей конструкции, толщину прослойки можно увеличить до 20…30 см. Удаление экрана на большее расстояние нецелесообразно, так как не будет способствовать снижению температуры.

Применение солнцезащитного экрана с вентилируемой воздушной прослойкой значительно повышает теплоустойчивость указанных конструкций, которые могут применяться в любых климатических районах Средней Азии [6].

Выводы

Из всех возможных конструктивных решений солнцезащиты стен особенно хочется остановиться на конструкции стены, состоящей из солнцезащитного экрана и утеплителя, отделенного от него воздушной прослойкой, сообщающейся с наружным воздухом через щели и отверстия. Такая конструкция имеет следующие положительные качества:

1) индустриальность;

2) возможность использования различных видов наружных экранов, прочных, легких и долговечных, которые в сочетании с устойчивыми красителями и мозаикой служат важным средством повышения архитектурно-художественной выразительности фасадов зданий. Особенно перспективными кажутся экраны из плоских и профилированных алюминиевых листов, которые, помимо перечисленных качеств, имеют отличные теплофизические показатели (низкий коэффициент излучения, коррозиестойкость);

3) полное затенение стен и возможность регулирования теплового и влажностного режима прослойки;

4) надежная защита от атмосферной влаги, систематическое проветривание внутреннего слоя, что особенно важно при использовании утеплителей с малым объемным весом и высокой пористостью, а также при повышении влажности внутри помещения;

5) наличие экрана позволяет снизить требования к герметизации стыковых соединений панелей, поскольку влага, попадающая внутрь прослойки, будет стекать по тыльной стороне экрана, а габаритные размеры могут и не совпадать с размерами панелей;

6) возможность частичной замены и ремонта экрана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балашова Е. Н., Житомирская О. М., Семенова О. А.* Климатическое описание республик Средней Азии. Л. : Гидрометиздат, 1960.

2. *Богословский В. Н.* Строительная теплофизика. М., 1970.

3. Солдатов Е. А. Исследование некоторых вопросов микроклимата жилища в Узбекистане // Тез. докл. на сессии науч.-техн. совета ТашЗНИИЭП. Ташкент, 1968.

4. *Уманьский Н. Г.* Солнцезащитные устройства в зданиях. М., 1962.

5. *Богословский В. Н.* Тепловой режим здания. М., 1979.

6. *Дворецкий А. Т., Моргунова М. А., Сергейчук О. В., Спиридонов А. В.* Методы проектирования стандартных солнцезащитных устройств // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2018. № 11-12(238-239). С. 46—50.

© Махмудов Р. М., Холмуродова З. И., Алмамедова А. Т., Бабаназаров С. Ш., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Махмудов Р. М., Холмуродова З. И., Алмамедова А. Т., Бабаназаров С. Ш. Солнцезащитные устройства, применяемые в условиях Средней Азии // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 148—155.

Об авторах:

Махмудов Рузмат Махмудович — канд. техн. наук, доц., старший предподаватель, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Холмуродова Зебо Ибрагимовна — старший преподаватель, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Алмамедова Амина Таировна — старший преподаватель, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70

Бабаназаров Санжар Шерназович — докторант, Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт (СамГАСИ). Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70; sanjar-b85@mail.ru

Ruzmat M. Makhmudov, Zebo I. Kholmurodova, Amina T. Almamedova, Sanzhar Sh. Babanazarov

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

SUN PROTECTION DEVICES, USED IN THE CONDITIONS OF CENTRAL ASIA

At present, due to the rapid growth in energy consumption, the issue of limiting and saving it by using solar energy for heating and cooling rooms, and using external fences with increased heat-shielding qualities has become acute.

Sunscreens are of great importance in the architectural characteristics of buildings, especially in the hot climate of Central Asia. This is explained by the increased requirement for the comfort of dwellings, public and industrial buildings, and the increasing use of artificial climate. Sun protection devices can be permanent, being an integral part of the building, or temporary, representing a piece of equipment. This article is devoted to these issues.

K e y w o r d s: sunscreens, canopies, awnings, loggias, verandas, galleries, orientation, blinds, shutters, awnings, umbrellas.

For citation:

Makhmudov R. M., Kholmurodova Z. I., Almamedova A. T., Babanazarov S. Sh. [Sun protection devices, used in the conditions of Central Asia]. *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], 2022, iss. 3, pp. 148—155.

About authors:

Ruzmat M. Makhmudov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

Zebo I. Kholmurodova — Senior Lecturer, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

Amina T. Almamedova — Senior Lecturer, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan

Sanzhar Sh. Babanazarov — Doctoral Student, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan; sanjar-b85@mail.ru

УДК 69.001.5

А. Г. Перехоженцев, О. Г. Чеснокова, В. Д. Чеснокова, М. Д. Журбенко

Волгоградский государственный технический университет

ВОПЛОЩЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ

В статье раскрываются вопросы внедрения ветроэнергетических установок в конструкцию высотного здания. Представлен анализ мировой теории и практики ветроэнергетических установок. Проведено экспериментальное проектирование энергоэффективного высотного здания офисно-делового назначения с размещением ветрогенераторов в ядре несущей конструкции здания.

Ключевые слова: ветроэнергетика, энергоэффективность, высотное здание, ветрогенераторы, альтернативные источники энергии.

Современная ветроэнергетика — одна из наиболее развитых и перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Перспективы ветроэнергетики в современном строительстве являются актуальной задачей социально-градостроительной политики не только России, но и других стран.

Будущее современной энергетики — это применение на практике знаний в области строительства высотных электростанций [1].

Несмотря на сокращение промышленности, располагающейся непосредственно на территории городов, потребность в электроэнергии, обеспечивающей жизнедеятельность города, значительно увеличилась. Повысились требования к уровню жизни и труда современного человека.

Россия обладает огромным ветропотенциалом. Территории, на которых наблюдаются значительные ветра, расположены вдоль побережья Северного Ледовитого океана, на Камчатке, Кольском полуострове, в районах рек Волги и Дона, на побережье Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского, Баренцева, Охотского морей. Значительные ветра присутствуют в Карелии и Туве, на Алтае и Байкале [2—8].

Согласно оценкам экспертов, на 70 % территории России используются бензиновые или дизельные электростанции, которые пока являются единственными источниками энергии на сложных территориях. Использование ветроэнергетических установок позволит сократить себестоимость производимой энергии в два-три раза.

В противовес традиционным источникам энергии, ветрогенераторы современного типа обладают минимальным шумом и не оказывают никаких других негативных воздействий.

Актуальность тематики

Актуальность данной тематики неоспорима. В области ветроэнергетики происходят заметные изменения. Сейчас наступила эра зеленых зданий, которые не несут вреда окружающей среде и используют экологичные способы обеспечения электроэнергией. Многочисленные исследования в области альтернативных источников энергии должны привести к росту введенных в эксплуатацию объектов.

Цели и задачи исследования

Цель данной работы — представление архитектурной концепции энергоэффективного здания, включающего в структуру несущих конструкций ветрогенераторы с вертикальной осью вращения.

В предлагаемой архитектурной концепции смоделировано современное, инновационное здание, соответствующее самым перспективным научным направлениям устойчивой архитектуры и зеленого строительства. Рассматриваемое здание рассчитано на исследования, оптимизацию и внедрение новейших методов получения зеленой энергии. Предполагается не только обеспечение жизненного цикла проектируемого здания собственной энергией, но и поставка излишков полученной энергии в прилегающие жилые районы.

При проектировании здания ветроэлектростанции необходимо учесть следующие пункты:

- проектирование концептуального архитектурного сооружения с функцией ветроэлектростанции;
- внедрение теоретических и методических основ проектирования современных ветроэнергетических установок в современную проектную практику;
- разработка проекта современного здания, включающего в себя: ветроэнергетическую установку, разнопрофильные исследовательские лаборатории, помещения офисного и делового назначения, технические и производственные помещения, коммуникационные связи, а также помещения персонала;
- в здании предполагается разместить зону активной коммуникации научных работников: конференц-зал, отель для исследователей, приезжающих на научные конференции, с необходимой инфраструктурой.

Задачи исследования:

1. Исследование мировых тенденций в сфере проектирования ветроэнергетических установок.
2. Анализ мировой теории и практики ветрогенераторов.
3. Выявление новых тенденций в проектировании зданий-гибридов.
4. Рассмотрение новых аспектов проектирования современных высотных зданий с возможностью полной энергетической свободы — с нулевым потреблением энергии извне.
5. Проведение экспериментального проектирования высотного здания института ветроэнергетики для Волгограда.

Теоретическая база работы. Анализ российского и зарубежного опыта

Исследования в области ветроэнергетических установок проводили следующие ученые: И. А. Антуфьев, А. Г. Перехоженцев, Е. А. Дикарева, Д. В. Тяглин, Х. Казаков, А. В. Иванайский, В. А. Иванайский, Т. А. Асаева, О. В. Саввина, И. М. Павленко*, Л. В. Тунян, А. Е. Калашников, Н. А. Устинов, H. Mohamed, E. Ahmed Mahrous, M. Orabi, M. Messaoud, A. Rachid, T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi, J. Wiley, A. Betz, B. E. K. Nsafon, A. B. Owolabi, H. M. Butu, H. Wu и др. [1—23]. Исследование аэродинамического режима квартальной застройки проводили А.Ф. Жарков и О. Г. Чеснокова [24].

* *Павленко И. М.* Совершенствование системы генерирования электроэнергии на основе мультимодульной ветроэлектростанции : дис. … канд. техн. наук : 05.09.03. Саратов, 2013. 173 с.

На сегодняшний день существует два основных типа ветрогенераторных установок: с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Наиболее перспективными считаются установки с вертикальной осью вращения (роторные). Они располагаются перпендикулярно направлению ветрового потока. При этом отпадает необходимость в устройстве, определяющем направление ветра и направляющем генератор навстречу воздушному потоку. На производство энергии не влияет скорость ветра. Такие установки работают и при малых ветровых воздействиях. Если установить рядом несколько ветроустановок, значительно повышается эффективность выработки электроэнергии за счет создания дополнительных ветровых потоков.

К преимуществам описываемой модели также относится возможность установки на малой высоте от уровня земли [2—7] (рис. 1).

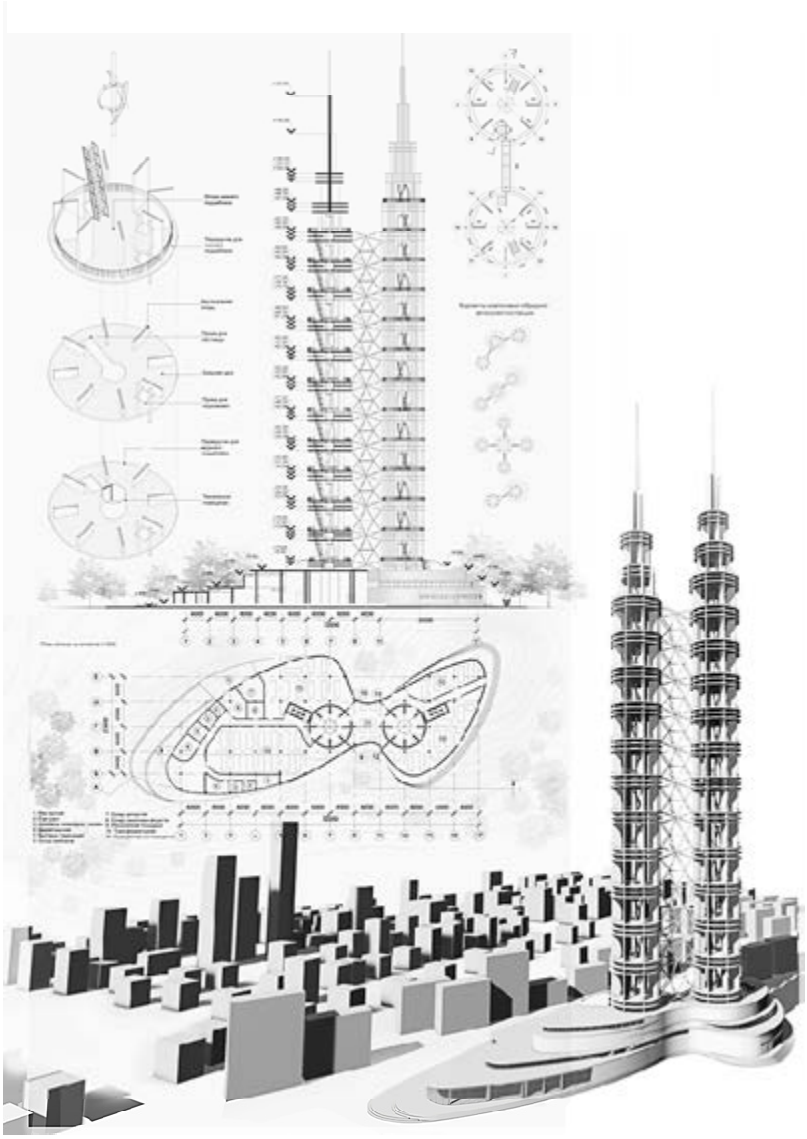


Рис. 1. Проект ветроэлектростанции

Достоинства башен-каркасов для гибридной ветроэлектростанции:

1) здания ветроэлектростанций, оснащенные ветрогенераторами с вертикальной осью вращения, не требуют большой территории для своего размещения (компактность);

2) их можно разместить прямо в населенном пункте (минимальное расстояние до потребителя);

3) возможность использования ветрового режима на благоприятных высотах;

4) роторные ВЭУ не зависят от направления ветра, поэтому нет необходимости устанавливать механизмы и системы ориентации на ветер;

5) КПД генераторов увеличивается за счет колонн (пилонов), сужающихся к центру, выполненных в виде пластин, которые одновременно служат диффузорами, увеличивающими скорость ветрового потока, поступающего к ветрогенераторам по уменьшающимся просветам;

6) возможность замены генераторов на более мощные, возможность ремонта и замены оборудования;

7) возможность наращивания вырабатываемой мощности за счет строительства новых башен;

8) возможность строительства башен-каркасов по технологии «скользящей опалубки» или сборных железобетонных изделий, что не требует создания специальных производственных мощностей для изготовления дорогостоящего оборудования, например стальных опорных башен;

9) возможность использования башен для нужд радио- и телевещания;

10) возможность организовать смотровую туристическую площадку в центре города (развитие туристического потенциала города);

11) уникальная архитектура сооружения (рис. 1, 2.)

Рис. 2. Общий вид здания. Предлагаемая концепция

Традиционные источники энергии исчерпали себя как в количественном, так и в качественном отношении. Они наносят вред окружающей среде. Ветровые установки имеют неоспоримые преимущества. Они не имеют ограничений в ресурсах (ветре), экологичны, могут работать в автономном режиме, что решает вопрос с обеспечением качественной жизни на удаленных территориях России.

Проектные предложения

Разрабатываемое сооружение гибридной ветроэлектростанции предлагается как архитектурная концепция. Здание может включать в себя несколько башен. Несущими элементами башен являются железобетонные пилоны, выполненные в виде пластин. Они располагаются радиально по периметру окружности. Пилоны направлены к центру и размещены по окружности на осях шести румбов направления ветра. Пилоны служат диффузорами, которые увеличивают скорость ветрового потока, направленного к центру сооружения ветроустановок. Ветер поступает к лопастям ветрогенераторов за счет сужения расстояния между пластинами [2—5].

К архитектурным особенностям предлагаемой разработки относится скрытие активных турбин в общем облике здания, которое имеет собственный характерный архитектурный образ, может быть расположено в самом центре города, не создавая при этом образа промышленного здания [2—7].

Башня ветроэнергетической станции имеет экзоскелет, структурированный вокруг здания (рис. 3). Совместно с основными несущими конструкциями башни достигается требуемый эффект современного здания. Пустое пространство в сети экзоскелета занимают ветровые турбины. В концептуальном предложении используются мощные, доступные и при этом тихие ветровые турбины, которые могут генерировать электричество из ветра любых направлений и скорости.

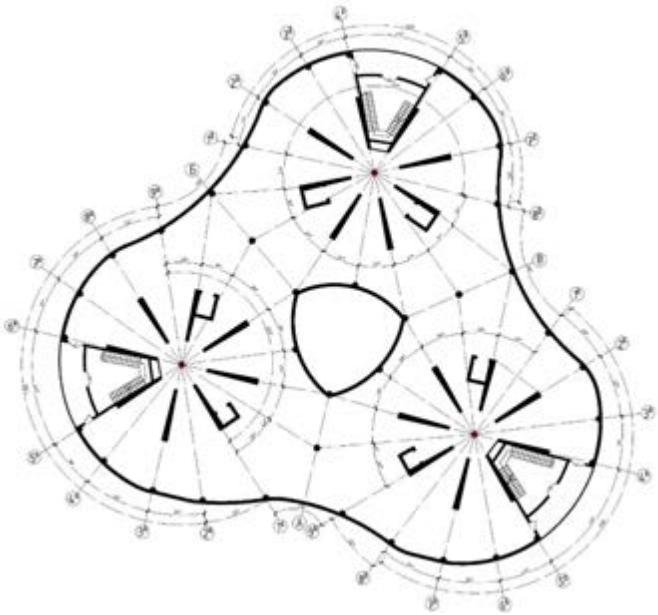


Рис. 3. Конструктивная схема здания

Современный дизайн экоздания органично скрывает ветровые турбины, художественно интегрированные в наружную «сетку», формирующую эффектный экстерьер небоскреба (см. рис. 2). Таким образом, демонстрируется архитектура электростанций будущего, которые не только могут быть функциональным объектом, но и представлять эстетическую ценность для ландшафта местности, в которой будет построено подобное здание.

Небольшие компактные ветровые турбины с вертикальной осью вращения отличаются быстротой монтажа и абсолютной безопасностью для окружения, а также имеют низкий уровень шума при работе, в отличие от стандартных трехлопастных турбин. Посетители и работники здания предлагаемой концептуальной модели ветростанции смогут не только участвовать в культурных мероприятиях, организованных на территории здания, но и наслаждаться видами на город поверх турбин, генерирующих электричество из возобновляемых источников.

Часть полученной энергии можно направить на потребности в электроснабжении, часть — на отопление здания. Округлые формы и устройство экзоскелета здания позволят перенаправлять тепловые массы, чтобы в жару осуществлялось естественное охлаждение внутреннего пространства.

Среди других экологичных функций, которые включены в проект здания, следует использовать систему рециркуляции воды, отделочные материалы, полученные из вторсырья, а также отделочные материалы, которые содержат минимум вредных для человека веществ.

Сама форма здания интересна и необычна, каркас со сплошным остеклением словно одет в перфорированную рубашку с достаточно крупными отверстиями. Это позволит не лишить света спрятанные за каркасом окна, но и вдобавок обеспечить возможность для самокондиционирования здания.

Заключение

Ветроэнергетика в России находится на начальной стадии развития. Согласно различным источникам, суммарная мощность ветроэлектростанций в России составила 226 МВт электроэнергии [5]. Для сравнения: в Китае мощность всех ВЭС составляет около 150 ГВт. Это значит, что российская ветроэнергетика производит за год примерно столько же энергии, сколько китайская ветроэнергетика может выдать за несколько часов.

Для того чтобы избежать катастрофического изменения климата, необходимо активизировать исследования в области чистой энергии. Одним из таких источников является современное направление развития ветроэнергетики.

Российского опыта недостаточно, поэтому необходимы дальнейшие исследования в этом направлении. Необходимо обратить особое внимание на развитие альтернативных источников энергии, что предоставит большую экономическую стабильность, создаст конкурентную платформу между альтернативными и традиционными источниками.

При разработке проектных предложений необходимо учитывать мировой опыт в сфере проектирования ветроэнергетических установок, использовать существующие разработки современных ветрогенераторов, применять современные тенденции в проектировании зданий-гибридов, учитывать новые аспекты проектирования современных высотных зданий с возможностью полной энергетической свободы — с нулевым потреблением энергии извне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Антуфьев И. А.* Будущее энергетики — высотные ветроэлектростанции // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве : тр. междунар. науч.-техн. конф., 2014. Т. 4. С. 214—225.

2. *Перехоженцев А. Г.* Башни-каркасы для ветрогенераторов вместо ветряков и ветропарков // Главный энергетик. 2021. № 1. С. 4—11.

3. *Дикарева Е. А., Перехоженцев А. Г.* Анализ применения альтернативной энергетики в городах России на основе выявленных характеристик // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. № 52(71). С. 156—165.

4. *Перехоженцев А. Г.* Сооружение башенного типа для установки ветроэлектрогенераторов : пат. на изобретение RU 2712861 C1, 31.01.2020 ; заявка № 2018134402 от 27.09.2018.

5. *Перехоженцев А. Г.* Гибридные ветроэлектростанции на основе башен-каркасов // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды = Indoor air quality and environment : материалы XVIII Междунар. науч. конф. Волгоград, 2020. С. 49—58.

6. *Перехоженцев А. Г.* Башни-каркасы гибридных ветроэлектростанций — удачная альтернатива ветропаркам // Энергосбережение. 2020. № 6. С. 58—64.

7. *Перехоженцев А. Г.* Башни-каркасы для ветрогенераторов вместо ветряков и ветропарков // Строительство: новые технологии — новое оборудование. 2020. № 8. С. 73—80.

8. *Дикарева Е. А., Сорокин А. М.* Применение инновационных технологий при ландшафтно-экологической реконструкции нарушенных территорий (на примере города Волгограда) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. № 2(79). С. 215—223.

9. *Тяглин Д. В., Казаков Х.* Способ управления положением лопастей лопастной системы ветроэлектростанции : пат. № 2710107 C1 Рос. Федерация, МПК F03D 7/06, F03D 3/04, F03D 3/06 : № 2019112601 ; заявл. 25.04.2019 ; опубл. 24.12.2019. EDN GHPURK.

10. *Тяглин Д. В., Казаков Х.* Лопастная система ветроэлектростанции : пат. 2724359 C1 Рос. Федерация, МПК F03D 7/04 : № 2019137182 ; заявл. 20.11.2019 ; опубл. 23.06.2020. EDN JLSSFA.

11. *Иванайский А. В., Иванайский В. А., Асаева Т. А., Саввина О. В.* Вихревые роторные ветроэлектростанции для рекуперации электроэнергии // Вестн. Моск. гос. открытого ун-та. Москва. Сер. : Техника и технология. 2011. № 2. С. 41—44.

12. *Тунян Л. В.* Эколого-экономическая эффективность внедрения ветроэлектростанции реионального уровня (для территории Камышинского района Волгоградской области) // XXII Регион. конф. молодых ученых Волгоградской области : тез. докл., Волгоград, 21—24 нояб. 2017 г. / Отв. ред. А. В. Навроцкий. Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2017. С. 248—250.

13. *Тунян Л. В.* Ветроэнергетика как перспективное развитие альтернативной энергетики в Волгоградской области // Материалы научной сессии, Волгоград, 24—28 апр. 2017 г. Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2017. С. 555—559.

14. *Калашников А. Е., Устинов Н. А.* Определение базовых свойств умной ветроэлектростанции малой мощности с наиболее эффективными характеристиками // Молодой ученый. 2018. № 6(192). С. 36—39.

15. *Иванайский А. В., Иванайская Т. С., Иванайский В. А., Кастоньяро А.* Вихревые роторные ветроэлектростанции— будущее ветроэнергетики // Сб. тр. X Междунар. науч. школы «Гидродинамика больших скоростей» и Междунар. науч. конф. «Гидродинамика. Механика. Энергетические установки» (к 145-летию со дня рождения акад. А. Н. Крылова), Чебоксары, 10—14 сент. 2008 г. Чебоксары : Чебоксарский ин-т (фил.) федер. гос. бюджет. образоват. учреждения высш. образования «Моск. политехн. ун-т», 2008. С. 103—106.

16. *Иванайский А. В., Чубукова Е. А.* Вертикально-осевые вихревые роторные ветроэлектростанции // Техника и технологии, политика и экономика: проблемы и перспективы : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Коломна, 30 апр. 2018 г. Коломна : Моск. политехн. ун-т, 2018. С. 53.

17. *Mohamed H., Ahmed Mahrous E., Orabi M.* Proceedings of the 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'10). Cairo University. Egypt, 2010. Pp. 742—744.

18. *Messaoud M., Rachid A.* Comparative study of a small size wind generation system efficiency for battery charging // Serbian Journal of Electrical Engineering. 2013. No. 2. Pp. 261—274.

19. *Burton T., Sharpe D., Jenkins N., Bossanyi E.* Wind Energy Handbook. J. Wiley & Sons, Ltd, 2001.

20. *Betz A.* Introduction to the Theory of Flow Machines. (D. G. Randall, Trans.) Oxford : Pergamon Press, 1966.

21. Optimization and sustainability analysis of PV/wind/diesel hybrid energy system for decentralized energy generation / B. E. K. Nsafon, A. B. Owolabi, H. M. Butu et al. // Energy Strategy Reviews. 2020. Vol. 32. P. 100570. DOI: 10.1016/j.esr.2020.100570.

22. *Wu H.* Design and optimization of pivotal materials in electrolytic aluminum metallurgy and aluminum air battery industry chain using large-scale non-grid-connected wind power // World Non-Grid-Connected Wind Power and Energy Conference, WNWEC. Nanjing, China, 2010. Pp. 245—248. DOI: 10.1109/WNWEC.2010.5673311.

23. Selection of design structure and method of energy transformation in wind power plant / A. E. Pushkarev, D. A. Khvorenkov, O. I. Varfolomeeva et al. // MATEC web of conferences : proceedings International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019). Sevastopol : EDP Sciences, 2019. P. 00124. DOI: 10.1051/matecconf/201929800124.

24. *Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г.* Аэродинамический продув квартальной застройки // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2015. № 39(58). С. 26—34.

© Перехоженцев А. Г., Чеснокова О. Г., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д., 2022

Поступила в редакцию
в мае 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Перехоженцев А. Г., Чеснокова О. Г., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д. Воплощение концепции ветроэнергетической станции в архитектуре высотного здания // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 156—164.

Об авторах:

Перехоженцев Анатолий Георгиевич — д-р техн. наук, проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; pag41@mail.ru

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

Чеснокова Варвара Дмитриевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Журбенко Марина Дмитриевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Marina970504@yandex.ru

Anatoly G. Perehozhencev, Oksana G. Chesnokova, Varvara D. Chesnokova, Marina D. Zhurbenko

Volgograd State Technical University

THE EMBODIMENT OF THE CONCEPT OF A WIND FARM IN THE ARCHITECTURE OF A HIGH-RISE BUILDING

The article reveals the issues of the introduction of wind power plants in the construction of a high-rise building. The analysis of the world theory and practice of wind power plants is presented. An experimental design of an energy-efficient high-rise office building was carried out with the placement of wind generators in the core of the supporting structure of the building.

K e y w o r d s: wind power, energy efficiency, high-rise building, wind generators, alternative energy sources.

For citation:

Perehozhencev A. G., Chesnokova O. G., Chesnokova V. D., Zhurbenko M. D. [The embodiment of the concept of a wind farm in the architecture of a high-rise building]. *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], 2022, iss. 3, pp. 156—164.

About authors:

Anatoly G. Perehozhencev — Doctor of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pag41@mail.ru

Oksana G. Chesnokova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; oxxxana72@yandex.ru

Varvara D. Chesnokova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Marina D. Zhurbenko — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Marina970504@yandex.ru

УДК 621.928.9:691

Н. М. Сергина, А. В. Курасов, В. М. Зотов, М. С. Соломахин

Волгоградский государственный технический университет

К ВОПРОСУ О СНИЖЕНИИ ЭНЕРГОЗАТРАТ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

В статье описываются решения, направленные на снижение затрат электроэнергии при эксплуатации установок пылеулавливания в системах обеспыливающей вентиляции, а также приводятся результаты экспериментальной оценки эффективности этих решений. Отмечается, что предлагаемые разработки позволяют уменьшить проскок пыли в атмосферный воздух. Приводятся подтверждающие это результаты лабораторных и натурных исследований. Описываемые решения относятся к системам с инерционными пылеуловителями.

Ключевые слова: инерционный пылеуловитель, аэродинамическое сопротивление, проскок пыли.

В докладе Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации за 2017 г. «Экологические приоритеты для России» в качестве важнейших целей устойчивого развития страны названы уменьшение негативного экологического воздействия городов в пересчете на душу населения, в том числе посредством уделения особого внимания качеству воздуха, и повышение энергоэффективности экономики.

Решение названных задач относится и к системам вентиляции промышленных зданий, поскольку эти системы являются потребителями энергоресурсов и своим функциональным назначением имеют обеспечение нормируемых параметров (в том числе содержание загрязняющих веществ) воздушной среды.

Совершенствованию аппаратов и установок пылеулавливания для промышленных вентиляционных систем посвящено множество исследований, например [1—12] и др. Однако следует отметить, что в основном эти исследования направлены на повышение эффективности улавливания пыли. В меньшей степени авторами рассматриваются вопросы о снижении аэродинамического сопротивления этих аппаратов и установок как параметра, во многом определяющего затраты на эксплуатацию систем вентиляции.

В некоторых работах [11—14] авторы приводят результаты использования в установках пылеулавливания с инерционными аппаратами тангенциальных раскручивателей потока. Эти устройства при их установке на выходе из пылеуловителей позволяют перевести энергию закрутки потока в аппарате в энергию осевого движения (рис. 1, 2) [13, 15]. При использовании раскручивателей потока аэродинамическое сопротивление циклона снижается примерно на 15 %, а вихревого инерционного аппарата со встречными закрученными потоками при различных аэродинамических режимах его работы — на 17,2…23,6 % [11, 13].

Вместе с тем описанное выше решение не позволяет обеспечить уменьшение проскока пыли в атмосферу [13, 14].

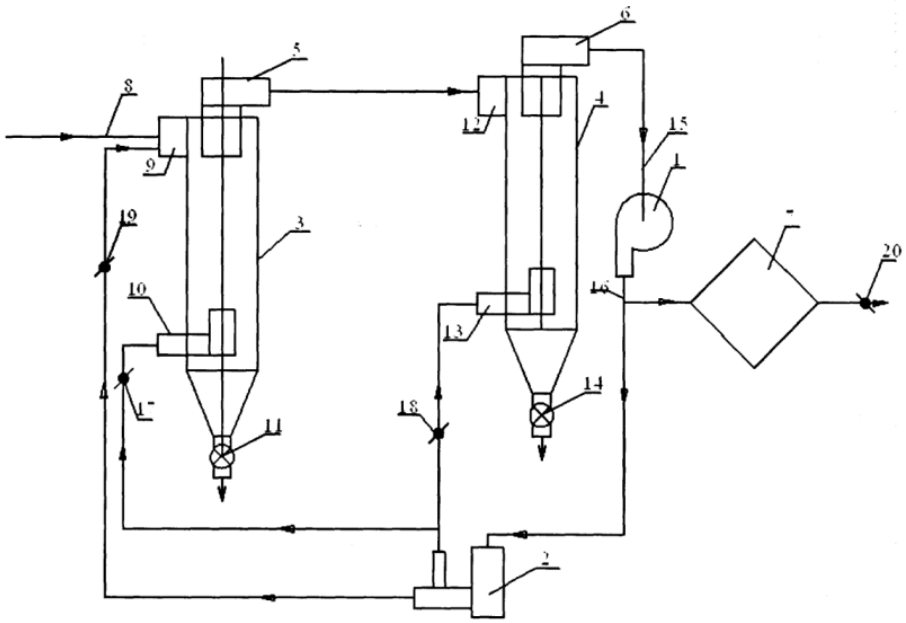


Рис. 1. Схема системы пылеочистки для производства извести [15]: *1* — вентилятор; *2* — разделитель-концентратор; *3*, *4* — аппараты ВЗП; *5*, *6* — раскручиватели потока; *7* — тканевый фильтр; *8*, *15*, *16* — воздуховоды; *9*, *12* — верхние вводы потока аппаратов ВЗП; *10*, *13* — нижние вводы потока аппаратов ВЗП; *11*, *14* — шлюзовые затворы; *17—20* — заслонки

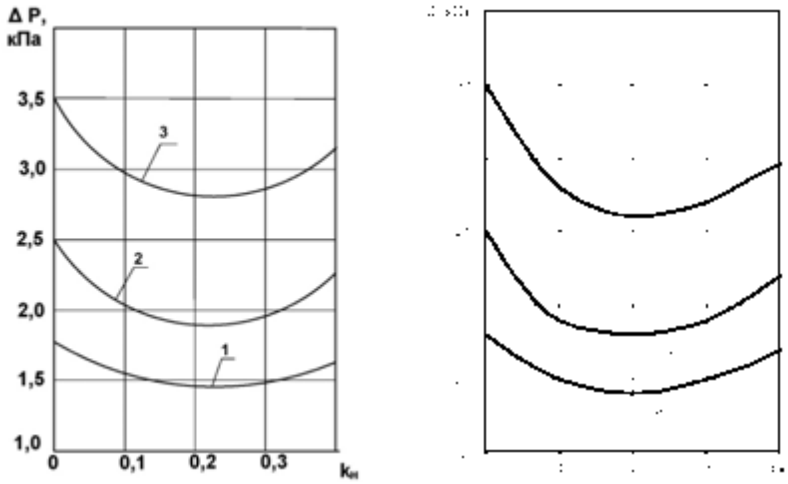


Рис. 2. Потери давления в системе: *а* — без применения раскручивателей; *б* — при установке раскручивателей: *1* — при расходе 300 м^3/ч; *2* — при расходе 400 м^3/ч; *3* — при расходе 600 м^3/ч

Одновременное решение задач по снижению аэродинамического сопротивления и пылевых выбросов в атмосферу для случая использования в промышленных вытяжных вентиляционных системах может быть достигнуто при организации отсоса из бункера пылеуловителей [16].

С другой стороны, если для оценки эффективности инерционных пылеуловителей могут быть использованы различные теоретические модели [1—7], то для оценки их аэродинамических характеристик необходимо проведение комплекса экспериментальных исследований, как в лабораторных, так и в промышленных условиях.

Для проведения испытаний вихревого пылеуловителя со встречными закрученными потоками был использован центральный композиционный рототабельный план [17] при следующих определяющих факторах:

- условная скорость в среднем сечении аппарата, отнесенная к 1/с, — $\overline{v}_{\text{с}}$;
- отношение расхода воздуха, подаваемого через нижний ввод в аппарат, к общему, подаваемому на очистку в пылеуловитель, — $\overline{L}_{\text{н}}$;
- отношение расхода воздуха, отсасываемого из бункера аппарата, к общему, подаваемому на очистку в пылеуловитель, — $\overline{L}_{\text{отс}}$.

Некоторые результаты экспериментальной оценки аэродинамических характеристик и проскока пыли для аппарата ВЗП с отсосом из бункера в системах вентиляции промышленных зданий представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Результаты экспериментальной оценки аэродинамических характеристик аппарата ВЗП с отсосом из бункера

Режимы работы аппарата			Величина аэродинамического сопротивления аппарата ВЗП, кПа		$\Delta(\Delta P)$, %
$\overline{v}_{\text{с}}$	$\overline{L}_{\text{н}}$	$\overline{L}_{\text{отс}}$	Без отсоса	С отсосом	
3,3	0,1	0	0,9		
3,3	0,1	0,1		0,48	–46,7
5,3	0,1	0	1,50		
5,3	0,1	0,1		1,32	–12
4,3	0,2	0	0,92		
4,3	0,2	0,2		0,69	–25
3,3	0,3	0	0,73		
3,3	0,3	0,3		0,44	–39,7
5,3	0,3	0	1,08		
5,3	0,3	0,3		1,19	10,2

Полученные результаты свидетельствуют о том, что организация отсоса из бункера аппарата ВЗП позволяет снизить его аэродинамическое сопротивление. Вместе с тем характеристики пылевых вентиляторов, устанавливаемых в системах обеспыливающей вентиляции, показывают, что при снижении потерь давления, например, на 13 % установочная мощность вентилятора снижается примерно на 22 %.

Кроме того, при таком решении обеспечивается снижение проскока пыли в атмосферный воздух, как свидетельствуют данные экспериментальных исследований (табл. 2).

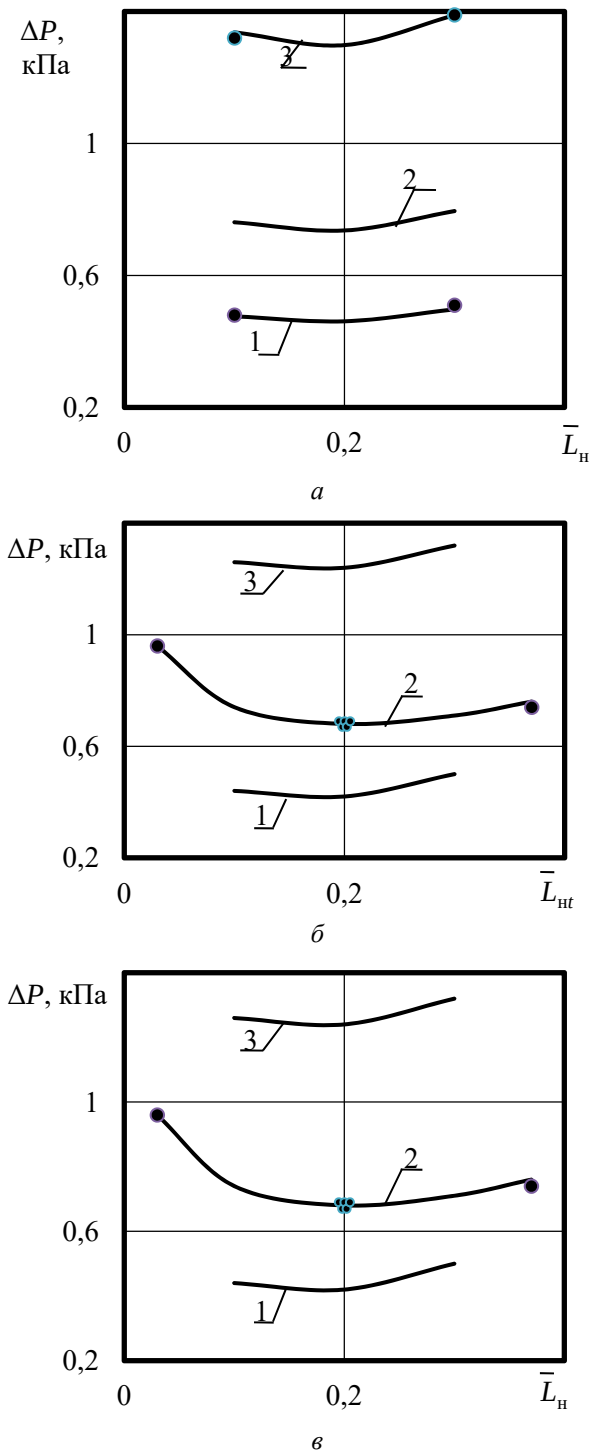


Рис. 2. Изменение аэродинамического сопротивления аппарата ВЗП с отсосом из бункера в зависимости от доли расхода, подаваемого на нижний ввод $\overline{L}_н$, при: *а* — $\overline{L}_{отс}$ = 0,1; *б* — $\overline{L}_{отс}$ = 0,2; *в* — $\overline{L}_{отс}$ = 0,3

Таблица 2

Сопоставление эффективности аппарата ВЗП без отсоса и с отсосом из бункера

Режимы работы аппарата			Величина проскока для аппарата ВЗП ε		Δε, %
$\bar{v}_с$	$\bar{L}_н$	$\bar{L}_{отс}$	Без отсоса	С отсосом	
3,3	0,1	0	0,0501		
3,3	0,1	0,1		0,0442	–11,8
5,3	0,1	0	0,0418		
5,3	0,1	0,1		0,0359	–14,1
4,3	0,2	0	0,0378		
4,3	0,2	0,2		0,0289	–23,5
3,3	0,3	0	0,0456		
3,3	0,3	0,3		0,0368	–19,2
5,3	0,3	0	0,0376		
5,3	0,3	0,3		0,0283	–24,7

В свою очередь, снижение проскока пыли в атмосферу позволяет снизить концентрацию пыли на уровне воздухозаборных отверстий и открываемых проемов (табл. 3) и, следовательно, сократить затраты энергии на обработку поступающего в производственные помещения воздуха [19].

Таблица 3

Концентрация пыли на уровне воздухозаборных отверстий и открываемых проемов

Аппарат пылеочистки	Концентрация пыли в атмосферном воздухе, мг/м^3,		
	на уровне воздухозабора	на уровне фрамуг окон	на уровне середины ворот
Циклон Ц-950	2,6	2,03	2,96
Аппарат ВЗП с отсосом из бункера	0,94	0,7	0,88

Выводы

1. Результаты лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний подтвердили практическую целесообразность организации отсоса из бункера инерционных пылеуловителей (в том числе вихревых инерционных пылеуловителей со встречными закрученными потоками).

2. Экспериментально установлено, что предложенное решение применительно к вихревым инерционным пылеуловителям со встречными закрученными потоками позволяет снизить аэродинамическое сопротивление аппарата в среднем на 30 % в зависимости от режима его работы. Это позволяет использовать в системах обеспыливания выбросов пылевые вентиляторы с меньшей мощностью и, следовательно, снизить энергозатраты на эксплуатацию этих систем.

3. При установке в системах обеспыливания выбросов аппаратов ВЗП с отсосом из бункера значительно снижается проскок пыли в атмосферу. При этом соответственно уменьшается концентрация пыли на уровне воздухозабора и открывающихся проемов, что позволяет сократить затраты на очистку поступающего в помещения воздуха.

4. Наличие двух вводов пылевоздушного потока в аппарате ВЗП и организация отсоса из бункера позволяют значительно разнообразить схемы компоновки

установок пылеулавливания. Такие установки были предложены для предприятий различных отраслей промышленности [8, 19] и успешно прошли испытания в производстве строительного керамзита, извести, газобетона и т. д.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V.* Welding spark parameters determination for cyclone removal calculation // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 941. Pp. 2098—2103.

2. *Vatin N., Strelets K. I., Kharkov N.* Gas dynamics in a counter flow cyclone with conical nozzles on the exhaust pipe // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 635. Pp. 17—21.

3. Mechanistic modelling of fluidized bed drying processes of wet porous granules / S. T. F. C. Mortier et al. // European journal of pharmaceutics and biopharmaceut. 2011. Vol. 79. No. 2. Pp. 205—225.

4. *Kharoua N., Khezzar L., Nemouchi Z.* Study of the pressure drop and flow field in standard gas cyclone models using the granular model // International Journal of Chemical Engineering. 2011.

5. The effect of cyclone shape and dust collector on gas-solid flow and performance / Ch.-H. Hong et al. // International Journal of Mechanical and Aerospace Engineering. 2012. Vol. 6. Pp. 37—42.

6. *Ciliberti D. F., Lancaster B. W.* Perfomance of rotary flow cyclones // International Journal of Chemical Engineering. 1976. Vol. 22. No. 2. Pp. 499—503.

7. *Davies C. N.* Lubrication theory for micropolar fluids // Proc. Phys. Soc. 1950. Vol. 63. P. 288.

8. *Bogomolov A. N., Sergina N. M., Kondratenko T. O.* On inertial systems. dust cleaning and dust removal equipment, and work areas in the production from aerated concrete from the hopper section apparatus CSF // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 2036—2041.

9. *Azarov V. N., Sergina N. M., Kondratenko T. O.* Problems of protection of urban ambient air pollution from industrial dust emissions // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 106. P. 07017.

10. *Azarov V. N., Borovkov D. P., Redhwan A. M.* Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with countercurrent swirling flows // International Review of Mechanical Engineering. 2014. Vol. 8. No. 5. Pp. 851—856.

11. *Stefanenko I. V., Azarov V. N., Sergina N. M.* Dust Collecting System for the Cleaning of Atmospheric Ventilation Emissions. Trans Tech Publications, Switzerland, 2017. Pp. 269—272.

12. *Сергина Н. М., Семенова Е. А.* Расчетная оценка эффективности систем пылеулавливания с пылеконцентраторами // Современная наука и инновации. 2017. № 4(20). С. 137—142.

13. *Сергина Н. М.* Экологическая эффективность, принципы компоновки и надежность систем пылеулавливания с вихревыми аппаратами на встречных закрученных потоках // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2017. Вып. 42(61). С. 108—117.

14. *Sergina N. M., Kondratenko T. O., Nikolenko M. A., Pushenko S. L.* The Principles of the Layout and Evaluation of Systems for Protection from Dust Pollution of the Air. Springer, Cham., 2017. Pp. 710—719.

15. *Сергина Н. М., Семенова Е. А., Кондратенко Т. О.* Пути снижения пыли извести в атмосферу при производстве строительных материалов // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11. С. 53—55.

16. *Сергина Н. М.* Аппараты вихревые с закрученными потоками с отсосом из бункерной зоны в инерционных системах пылеулавливания // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11(133). С. 43—46.

17. *Бондарь А. Г., Статюха Г. А., Потяженко И. А.* Планирование эксперимента в химической технологии. Киев : Высшая школа, 1980.

18. *Stefanenko I. V., Sergina N. M.* To a question of energy saving in ventilation systems of industrial buildings // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies. 2018. Vol. 463(2). URL: http:/iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032039/pdf.

19. *Азаров В. Н., Сергина Н. М.* Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2003. № 8. С. 14—15.

© Сергина Н. М., Курасов А. В., Зотов В. М., Соломахин М. С., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Сергина Н. М., Курасов А. В., Зотов В. М., Соломахин М. С. К вопросу о снижении энергозатрат в системах обеспыливания выбросов в атмосферный воздух // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 165—171.

Об авторах:

Сергина Наталия Михайловна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Курасов А. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Зотов В. М. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Соломахин М. С. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Natalia M. Sergina, A. V. Kurasov, V. M. Zotov, M. S. Solomachin

Volgograd State Technical University

TO THE ISSUE OF ENERGY COST REDUCTION IN EMISSION DE-DUSTING SYSTEMS TO ATMOSPHERIC AIR

The article describes solutions aimed at reducing energy costs in the operation of dust collection systems in dust-free ventilation systems, as well as the results of an experimental evaluation of the effectiveness of these solutions. In addition, the proposed development allows to reduce the penetration of dust into the atmospheric air. The results of laboratory and natural studies confirming this are also given in the article. The described solutions refer to systems with inertial dust collectors.

K e y w o r d s: dust collector with counterclaims swirling flows (CFS), aerodynamic drag, dust slip.

For citation:

Sergina N. M., Kurasov A. V., Zotov V. M., Solomachin M. S. [To the issue of energy cost reduction in emission de-dusting systems to atmospheric air]. *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], 2022, iss. 3, pp. 165—171.

About authors:

Natalia M. Sergina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

A. V. Kurasov — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

V. M. Zotov — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

M. S. Solomachin — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 697.7

Н. У. Ташматов, Ш. П. Мансурова, С. Р. Сайдуллаев

Джизакский политехнический институт

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

Рассмотрены вопросы эффективного использования солнечной энергии в хозяйственной деятельности. Дана схема и описан принцип работы гелиоприемника. Выявлены оптимальные параметры (ориентация, угол наклона и степень затемнения) установки гелиоприемника, обеспечивающие максимальный коэффициент энергоотдачи.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, солнечное излучение, солнечный коллектор, гелиоприемник.

Человечество использует солнечное тепло с незапамятных времен. В теплое время года оно обогревает землю и наши здания напрямую, зимой мы пользуемся для отопления и приготовления горячей воды аккумулированной солнечной энергией в виде древесины, угля, нефти и газа.

Стремление добиться энергоэффективности неизбежно приводит к бережному расходованию традиционных энергоресурсов, накопленных природой за миллионы лет. Производители, выпускающие отопительное и другое санитарно-техническое оборудование, а также теплоиспользующую технику, последовательно ведут работы по энергосбережению, повышению КПД энергетических оборудований, что обеспечивает ответственное отношение к использованию теплоэнергетических запасов. Оптимальным и рациональным способом реализации такой политики является непосредственное использование солнечной энергии коллекторами.

Высококачественные в техническом отношении коллекторы и согласованная с ними общая инженерная коммуникационная система позволяют рассматривать хозяйственное использование солнечной энергии уже не как дело будущего, а как реальность, испытанную в повседневной практике.

Учитывая, что цены на традиционное топливо в перспективе будут повышаться, капиталовложения в солнечную установку можно считать подлинной инвестицией в будущее.

Солнечное излучение — это поток энергии, равномерно испускаемый Солнцем во всех направлениях. В наружную атмосферу земли постоянно попадает часть этого потока мощностью 1,36 кВт/м^2 — так называемая солнечная постоянная.

Проходя через атмосферу Земли, солнечное излучение ослабляется за счет отражения, рассеяния и поглощения частицами пыли и молекулами газа. Ту часть излучения, которая беспрепятственно проходит через атмосферу и попадает непосредственно на поверхность Земли, называют прямым солнечным излучением.

Часть солнечного излучения, которая отражается или поглощается частицами пыли и молекулами газа, затем вновь излучается и попадает на поверхность Земли, не имея определенного направления, называют рассеянным солнечным излучением.

Совокупное излучение, попадающее на поверхность Земли, — это суммарное солнечное излучение *Eg*: суммарное излучение = прямое излучение + рассеянное излучение (рис. 1).

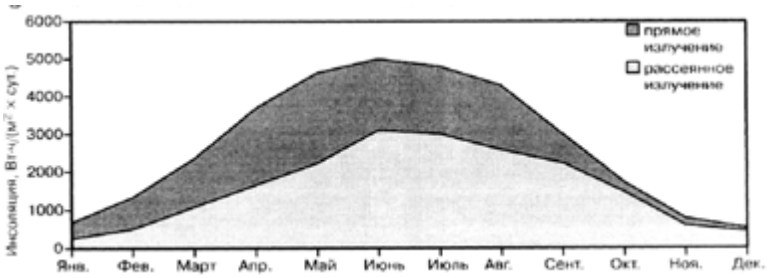


Рис. 1. График годового энергопоступления

В широтах Средней Азии, особенно в ее центральной части, суммарное излучение в оптимальных условиях (безоблачное, ясное небо, середина дня) составляет максимум 1008 Вт/м^2.

Солнечные коллекторы позволяют сфокусировать и использовать до 75 % суммарного солнечного излучения. Важным фактором является тип коллектора; кроме того, многочисленными исследованиями установлено, что угол наклона и ориентация, а также чистота поверхности влияют на эффективность работы гелиоприемника. Определены основные параметры и значения энергоэффективности прибора в зависимости от ориентации и угол наклона.

Влияние ориентации, наклона и затемнения влияет на коэффициент энергоотдачи гелиоприемника (рис. 2).

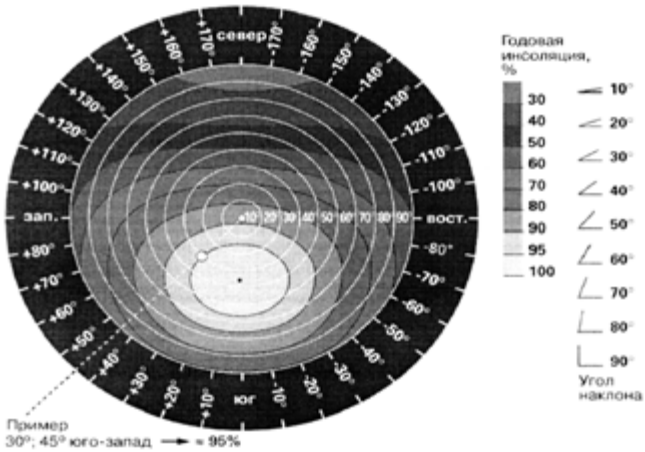


Рис. 2. Влияние ориентации, угла наклона и затемнения на коэффициент энергоотдачи

Нами была поставлена задача найти оптимальные параметры ориентации и наклона гелиоприемника относительно горизонта, для того чтобы добиться максимальной энергоэффективности всей системы, учитывая время года и

часы суток. На рис. 3 показано, как нужно установить гелиоприемник, чтобы получить как можно больше полезной солнечной энергии.

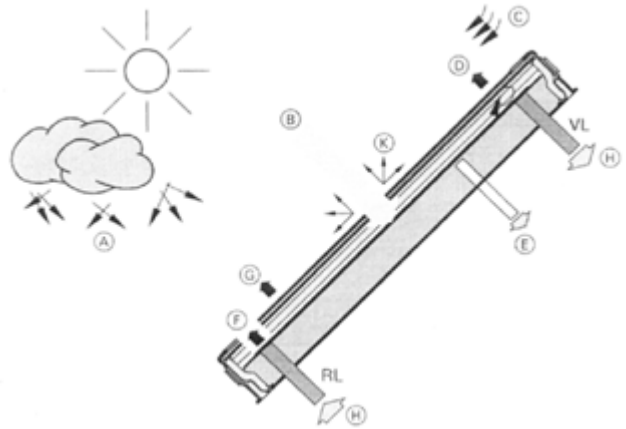


Рис. 3. Схема и принцип работы гелиоприемника: A — рассеянное излучение небосвода; B — прямое солнечное излучение; C — ветер, дождь, снег, конвекция; D — потери на конвекцию; E — потери на проводимость; F — тепловое излучение поглотителя; G — тепловое излучение стеклянного покрытия; H — полезная мощность коллектора; K — отражение, м

Экспериментально установлено, что самого высокого коэффициента энергоотдачи солнечной установки за год можно добиться при ее расположением в южном направлении с наклоном 30…35° к горизонтали. Но даже при значительном отклонении от этих условий (от юго-запада до юго-востока, с наклоном 25…55° целесообразен монтаж и эксплуатация тепловой солнечной установки.

На рис. 3 наглядным образом демонстрируется потеря энергоотдачи в том случае, если коллекторная панель расположена не оптимально. Из рис. 3 видно, что меньший наклон эффективнее, если площадь коллектора нельзя сориентировать на юг. К примеру, тепловая коллекторная установка с наклоном 30° даже при 45° юго-западного направления дает еще почти 95 % оптимальной энергоотдачи. И даже при ориентации солнечной установки в восточном или западном направлении можно еще рассчитывать на 85 % отдачи, если скат крыши составляет 25…40°.

Зимой более крутой угол был бы эффективнее, но две трети энергоотдачи солнечная установка дает в летнее полугодие. Угла атаки менее 20°, напротив, следует избегать, так как в этом случае увеличивается степень загрязнения коллектора.

Если площадь коллектора должна распределяться по различным площадям крыши, то в этом случае требуется выполнение трудоемкого гидравлического соединения коллекторных площадей. Каждая панель должна быть оснащена датчиком температуры коллектора и иметь отдельный насосный узел. Получаемая благодаря этому большая энергоотдача в значительной степени ухудшает соотношение затрат и результатов.

В результате проведенного исследования установлено, что установка коллекторной панели и определение ее размеров должны быть выполнены

таким образом, чтобы воздействие дающих тень соседних зданий, деревьев, линий электропередач и т. д. было незначительным. При этом необходимо учитывать, что в течение последующих двадцати лет соседние земельные участки могут быть застроены или засажены растениями.

© Ташматов Н. У., Мансурова Ш. П., Сайдуллаев С. Р., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Ташматов Н. У., Мансурова Ш. П., Сайдуллаев С. Р. Вопросы энергосбережения и использования солнечной энергии в качестве источника тепла // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 172—175.

Об авторах:

Ташматов Н. У. — Джизакский политехнический институт. Узбекистан, 130100, г. Джизак, ул. Ислам Каримов, 4

Мансурова Ш. П. — Джизакский политехнический институт. Узбекистан, 130100, г. Джизак, ул. Ислам Каримов, 4

Сайдуллаев С. Р. — Джизакский политехнический институт. Узбекистан, 130100, г. Джизак, ул. Ислам Каримов, 4

N. U. Tashmatov, Sh. P. Mansurova, S. R. Saidullaev

Jizzakh Polytechnical Institute

ISSUES OF ENERGY SAVING AND THE USE OF SOLAR ENERGY AS A HEAT SOURCE

The issues of efficient use of solar energy in economic activity are considered. The scheme is given and the principle of operation of the solar receiver is described. The optimal parameters (orientation, angle of inclination and degree of dimming) of the solar receiver installation providing the maximum energy efficiency have been identified.

K e y w o r d s: energy efficiency, energy saving, solar radiation, solar collector, solar receiver.

For citation:

Tashmatov N. U., Mansurova Sh. P., Saidullaev S. R. [Issues of energy saving and the use of solar energy as a heat source]. *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], 2022, iss. 3, pp. 172—175.

About authors:

N. U. Tashmatov — Jizzakh Polytechnical Institute. 4, Islam Karimov st., Jizzakh, 130100, Uzbekistan

Sh. P. Mansurova — Jizzakh Polytechnical Institute. 4, Islam Karimov st., Jizzakh, 130100, Uzbekistan

S. R. Saidullaev — Jizzakh Polytechnical Institute. 4, Islam Karimov st., Jizzakh, 130100, Uzbekistan

УДК 69.002.5:630

Н. А. Фоменко, О. В. Бурлаченко, С. А. Чебанова, В. В. Медведева

Волгоградский государственный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ КОРЧЕВАТЕЛЯ

В технологическом процессе подготовительных работ строительного комплекса при возведении зданий и сооружений применяется система машин, которая включает в частности корчеватель, как непрерывного действия — для корчевания пней, расположенных параллельными рядами (лесные культуры, полезащитные лесные полосы и другие им подобные насаждения), так и позиционного действия — для корчевания пней при хаотичном их расположении на вырубках и гарях естественных лесов. Существующие корчеватели навесного типа имеют большие габариты и массу, что приводит к увеличению удельного давления на почву, к дополнительному сопротивлению движению, снижению тягово-динамических показателей корчевателя и производительности, как следствие, к повышению энергетических затрат и себестоимости изготовления, а консольное расположение ротора и короткое плечо от шарнира гидроцилиндра до оси качания дополнительной рамы при ее подъеме требует высокой энергоемкости гидроцилиндра, увеличенного его типоразмера и дополнительного расхода рабочей жидкости гидропривода. В этой связи разработана конструкция корчевателя, в котором ротор установлен на несущей раме в плоскости центра тяжести корчевателя, а дополнительная рама, на которой ранее размещался ротор, исключена из конструкции, что позволило снизить не только материалоемкость, но и расход топлива, объем рабочей жидкости гидропривода, себестоимость изготовления корчевателя, материальные, производственные, эксплуатационные и энергетические затраты, обеспечивая высокий технический уровня корчевателя.

Ключевые слова: несущая рама, дополнительная рама, ротор, подрезающая скоба, опорное колесо, гидропривод.

Технологический процесс подготовительных работ строительного комплекса при возведении зданий и сооружений в системе машин включает корчеватели непрерывного действия для корчевания пней, расположенных параллельными рядами (лесные культуры, полезащитные лесные полосы и другие им подобные насаждения), и позиционного действия, для корчевания пней при хаотичном их расположении на вырубках и гарях естественных лесов.

Известен навесной корчеватель [1], агрегатируемый мобильными тягово-транспортными средствами. На несущей раме корчевателя размещен механизм навески, опорные колеса, подрезающая скоба, стойки которых состоят из нижних и верхних рычагов, соединенных с рамой шарнирно. Подрезающий нож неподвижно закреплен на скобе, управляемой выносными гидроцилиндрами, шарнирно соединенными с несущей рамой, а ротор с билами и гидромотором размещен на дополнительной раме с подъемником. Поворот подрезающей скобы на шарнирах осуществляется посредством гидроцилиндров, установленных между рамой и верхними рычагами стоек скобы, упирающимися в упоры.

Анализ контактных деформаций элементов рабочего органа [2], влияющих на силовой орган гидропривода [3—5], выявил также недостатки прототипа, заключающиеся в том, что ротор с билами и гидромотором, предназначенный для окончательной очистки пней от почвы и выброса их на поверхность или прицепную тележку, размещен на дополнительной раме, шарнирно

соединенной с несущей рамой, управляемой подъемниками в виде выносных гидроцилиндров, которая имеет большие габариты и массу, что приводит к увеличению удельного давления на почву, к дополнительному сопротивлению движению, снижению тягово-динамических показателей корчевателя и производительности, как следствие, к повышению энергетических затрат и себестоимости изготовления, а консольное расположение ротора и короткое плечо от шарнира гидроцилиндра до оси качания дополнительной рамы при ее подъеме требует высокой энергоемкости гидроцилиндра, увеличенного его типоразмера и дополнительного расхода рабочей жидкости гидропривода. Учитывая повышение мировых цен на энергетические сырьевые ресурсы, возникает необходимость оптимизации параметрических характеристик корчевателя как составной части системы машин подготовительного фронта работ строительного комплекса возведения зданий, сооружений, дорожной сети, в геологоразведке, для обустройства просек в лесных массивах и переработки пней.

Упомянутые недостатки частично устранены техническим решением [2], сущность которого заключается в том, что шарниры, соединяющие двуплечие рычаги с рамой, выполнены в виде эластичных блоков, обеспечивающих поглощения вынужденных колебаний, передаваемых на раму от вибратора, установленного на траверсе.

Таким образом, за счет принудительного колебания ножа подрезающей скобы от вибратора усиливается разрушение структуры почвы и резание корневой лапы и центрального корня пня, снижается тяговое сопротивление агрегата. При этом исключаются дополнительные манипуляции органами управления, снижается расход топлива, эксплуатационные затраты и исключается преждевременный износ механизмов машинно-тракторного агрегата.

Несущая система (рис. 1—4) корчевателя [2] состоит из рамы *1*, на которой размещены навеска *2*, опорные колеса *3*, упоры *4*, стойки *5* подрезающей скобы *6*, управляемая выносным гидроцилиндром *7* дополнительная рама *8* с ротором *9*, шарниры *10* с осями *11* для установки стоек *5* подрезающей скобы *6* на несущей раме *1* и вибратор *12*.

Навеска *2* несущей рамы *1* корчевателя трехточечная, с двумя нижними шарнирами *13*, симметрично расположенными относительно продольной оси несущей рамы *1* и одного верхнего шарнира *14*, установленного на опоре *15*, расположенного неподвижно перпендикулярно продольной оси несущей рамы *1*. Шарниры *13* и *14* предназначены для соединения с нижними и верхней тягами навесного устройства трактора соответственно.

Опорные колеса *3*, регулируемые по высоте посредством винтовых пар, расположены с двух сторон несущей рамы *1* и предназначены для установки подрезающей скобы *6* на заданную глубину подрезания пня.

Упоры *4* неподвижно закреплены на несущей раме *1* с двух сторон относительно ее продольной оси напротив каждой из стоек *5* подрезающей скобы *6* и предназначены для ограничения перемещения стоек *5* подрезающей скобы *6* в заднем (*1*) положении угла вхождения подрезающей скобы *6* в почву.

Стойки *5*, симметрично расположенные вдоль оси корчевателя, выполнены в виде двуплечих рычагов — верхних *16* и нижних *17*, объединенных между собой шлицевыми ступицами *18*, неподвижно установленными на осях *11* с возможностью вращения в эластичных шарнирах *10*, запрессованных

в расточках несущей рамы *1*. Верхние рычаги *16*, шарнирно соединенные с гидроцилиндрами *19*, осуществляют поворот стоек *5* в заднее положение (*1*) до упоров *4* на заданный угол вхождения скобы *6* в почву, а нижние рычаги *17*, неподвижно закрепленные на боковых стенках подрезающей скобы *6*, обеспечивают возможность перемещение скобы *6* в переднее положение (*11*), которое ограничивается полным ходом штоков гидроцилиндров *19*.

Подрезающая U-образная скоба *6* предназначена для подрезания корневой системы пня в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на передней горизонтальной поверхности которой закреплен подрезающий нож *20*, а с противоположной стороны скобы *6* закреплен подъемник *21*, выполненный в виде направляющих спиц для транспортировки на ротор *9* срезанного пня и окончательной очистки от почвы, причем вертикальная правая и левая стенки подрезающей скобы *6* заточены, как режущий элемент.

Гидроцилиндр *7* через шарниры *22* и *23* соединен с несущей *1* и дополнительной *8* рамами, соответственно, предназначен для подъема и опускания дополнительной рамы *8*, которая качается на шарнире *24* опоры *25*, расположенной неподвижно перпендикулярно оси несущей рамы *1* на расстоянии от гидроцилиндра *7*, обеспечивающем подъем в транспортное положение массы дополнительной рамы *8* с ротором.

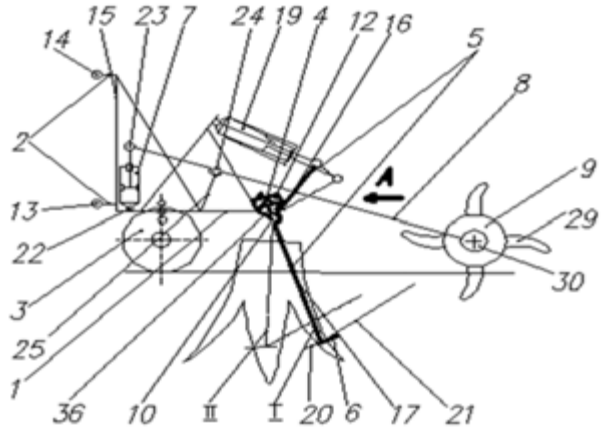


Рис. 1. Корчеватель с вибратором (вид сбоку)

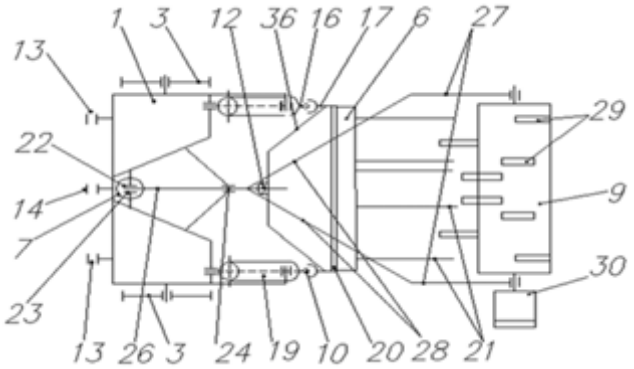


Рис. 2. Корчеватель с вибратором (вид сверху)

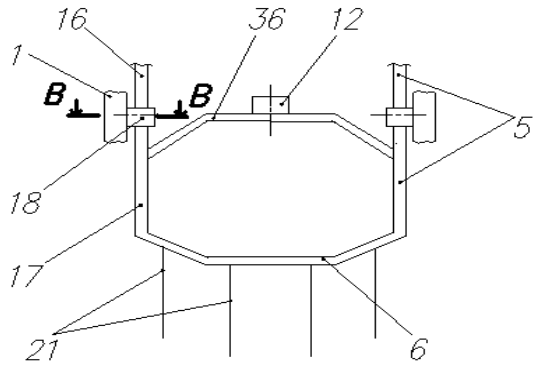


Рис. 3.Установка вибратора

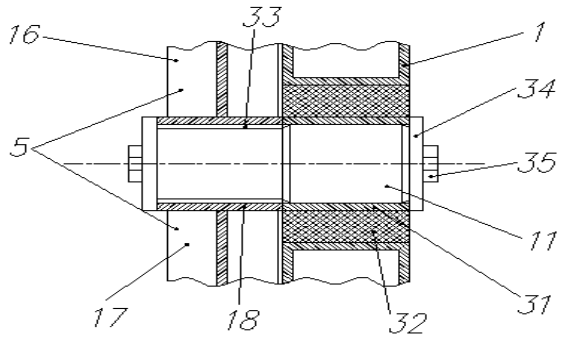


Рис. 4. Установка эластичного блока шарнира

Дополнительная рама *8* представляет собой двуплечий рычаг вилообразной формы, короткое плечо которого выполнено в виде балки *26*, соединенной шарниром *23* с головкой штока гидроцилиндра *7* и шарниром *24* стойки *25*. Длинное плечо дополнительной рамы *8* выполнено в виде двух параллельно расположенных вдоль корчевателя брусьев *27*, с размещенным между ними ротором *9*, причем брусья *27* между собой и балкой *26* соединены неподвижно лонжеронами *28* таким образом, чтобы в опущенном положении дополнительной рамы *8* вибратор *12* свободно проходил между лонжеронами *28*.

Ротор *9* предназначен для окончательной очистки пней от почвы с помощью бил *29*, неподвижно закрепленных на цилиндрической поверхности ротора *9*, привод которого осуществляется от гидромотора *30*.

Шарниры *10*, неподвижно запрессованные в расточках несущей рамы *1*, выполнены в виде блоков и предназначены для установки в них осей *11*, на которых неподвижно установлены шлицевые ступицы *18* стоек *5* подрезающей скобы *6*, а также для поглощения энергии циклических знакопеременных нагрузок, передаваемых от вибратора *12* на несущую раму *1*, что исключает образование концентраторов напряжений и микротрещин в элементах несущей рамы *1* и последующее ее разрушение. Блоки шарниров *10* состоят из внутренних металлических втулок *31* и наружных втулок *32*, выполненных из эластичного материала (например, из резины). Эластичные втулки *32* неподвижно установлены на наружной поверхности втулок *31*.

Оси *11* предназначены для установки на них стоек *5* подрезающей скобы *6*. Причем с одной стороны оси *11* гладкие, свободно проворачивающиеся в отверстиях металлических втулок *31* блоков шарниров *10*, а с другого конца нарезаны шлицы *33*, на которые неподвижно надеваются шлицевые ступицы *18* стоек *5*. От осевого смещения оси *11* зафиксированы с двух сторон шайбами *34* и резьбовым соединением *35*.

Вибратор *12* обеспечивает вынужденные колебания подрезающей скобы *6*, которые усиливают крошение структуры почвы в зоне корневой системы пня и резания подрезающим ножом *20* корневой системы пня. Вибратор *12* устанавливается на верхней полке траверсы *36*, выполненной в виде трапеции, неподвижно закрепленной между нижними правым и левым рычагами *17* стоек *5* подрезающей скобы *6*, при этом трапециевидная форма траверсы *36* обеспечивает свободное прохождение пня на подъемник *21* подрезающей скобы.

При поступательном движении корчевателя в составе грузоподъемного тягового агрегата подрезающий нож *20* заглубляется на заданную глубину, регулируемую опорными колесами *3*, при этом производится подрезание в горизонтальном и вертикальном направлениях слоя почвы и корней пней в пределах ширины захвата подрезающей скобы *6* за счет силы тяги трактора. При встрече подрезающего ножа *20* с мощными корневыми лапами (дуб, клен и др.) или центральным корнем большого диаметра (осина, сосна и др.) тяговое сопротивление движению машинно-тракторного агрегата возрастает и тракторист-оператор без остановки агрегата включает вибратор *12* и гидроцилиндрами *19* производит поворот верхних рычагов *16* стоек *5* подрезающей скобы *6* назад, а нижние рычаги *17* вместе с подрезающим ножом *20* вперед, т. е. из первого (*1*) во второе (*11*) положение (показано на рис. 1). При этом подрезающий нож *20* занимает горизонтальное положение, что обеспечивает снижение сопротивления, передаваемого на подрезающую скобу *6* слоем почвы, а принудительная вибрация подрезающего ножа *20* и подрезающей скобы *6* способствует интенсивному крошению слоя почвы и подрезанию крупных корней пня, снижая сопротивление движению агрегата, исключающего буксование движителей и остановку трактора, что способствует непрерывному безостановочному движению машинно-тракторного агрегата. После чего гидроцилиндрами *19* верхние рычаги *16* переводятся до упора *4*, возвращая подрезающую скобу *6* из переднего (*11*) в заднее (*1*) положение угла вхождения подрезающей скобы *6* в почву. Такое положение подрезающей скобы *6* при движении агрегата до очередного пня обеспечивает усиление крошения слоя почвы, необходимого для улучшения аэрации почвы при очередной лесопосадке.

После подрезания корневой системы подрезающим ножом *20* пень транспортируется по поверхности подрезающей скобы *6* на подъемник *21*, где почва частично отделяется от пня и через спицы подъемника *21* просыпается на поверхность почвы, а окончательная очистка пня осуществляется билами *29* ротора *9*, приводимого в движение гидромотором *30*. Очищенный от почвы пень выбрасывается на поверхность почвы или в прицепную тележку, а в случае одновременного дробления пней — в прицепную дробилку. При удалении очередного пня процедура корчевания повторяется. Завершив корчевание пней в заданном ряду лесопосадки, машинно-тракторный агрегат переводят в следующий ряд, и технология корчевания повторяется.

При позиционном корчевании пней, хаотично расположенных на вырубках, опорными колесами *9* гидроцилиндром *19* устанавливается глубина и угол вхождения в почву подрезающего ножа *20* подрезающей скобы *6* в заднее положение (*1*), затем включают вибратор *12*, обеспечивающий принудительное колебание подрезающего ножа *20* и подрезающей скобы *6*. После чего гидроцилиндрами *19* переводят скобу *6* в переднее положение (*11*), перемещая пень на ротор *9* в той же последовательности, как и при непрерывном корчевании. После удаления пня несущую раму *1* поднимают в транспортное положение, и корчеватель транспортируют к следующему пню, после чего операция повторяется.

Применение вибратора существенно снижает тяговое сопротивление движения агрегата. Однако чрезмерная масса корчевателя из-за размещения ротора на его дополнительной раме ограничивает тягово-динамический потенциал и максимальный экономический эффект. С целью снижения материальных и энергетических затрат целесообразно оптимизировать весовые показатели несущей системы корчевателя. В этой связи целесообразно [6] изменить компоновку опорной, несущей и активной части рабочего органа корчевателя: в разработанной альтернативной концепции ротор размещен на конце несущей рамы корчевателя. При такой компоновке корчевателя полностью исключается дополнительная рама, что предполагает существенное снижение материалоемкости и энергетических затрат, а также повышение производительности и эксплуатационной надежности.

На рис. 5 и 6 представлена конструктивная схема технического решения. Корчеватель содержит несущую раму *1*, на которой размещены навеска *2*, опорные колеса *3*, упоры *4*, стойки *5* подрезающей скобы *6*, управляемой выносным гидроцилиндром *7*, ротор *8*. Упоры *4* неподвижно закреплены на несущей раме *1* с двух сторон относительно ее продольной оси напротив стоек *5* подрезающей скобы *6* и предназначены для ограничения перемещения стоек *5* подрезающей скобы *6* в положении I угла вхождения подрезающей скобы *6* в почву. При этом упоры *4* разгружают гидроцилиндры, а подрезающая скоба *6* обеспечивает заданный угол резания, при котором повышается интенсивность крошение структуры почвы в зоне корневой системы и снижается тяговое сопротивление движению корчевателя.

Навеска *2* несущей рамы *1* корчевателя трехточечная, с двумя нижними шарнирами *9*, симметрично расположенными относительно продольной оси несущей рамы *1* и одного верхнего шарнира *10*, расположенного на опоре *11* перпендикулярной продольной оси несущей рамы *1*. Шарниры *9* и *10* предназначены для соединения с нижними и верхней тягами навесного устройства трактора соответственно. Подъем корчевателя в транспортное и опускание в рабочее положение осуществляется навесной системой трактора.

Опорные колеса *3*, регулируемые по высоте посредством винтовых пар *12*, расположены на несущей раме *1* между подрезающей скобой *6* и ротором *8* в плоскости центра тяжести корчевателя и предназначены для установки подрезающей скобы *6* в положение I или положение II на заданную глубину подрезания пня.

Упоры *4* неподвижно закреплены на несущей раме *1* с двух сторон относительно ее продольной оси напротив стоек *5* подрезающей скобы *6* и предназначены для ограничения перемещения стоек *5* подрезающей скобы *6*

в положение I угла вхождения подрезающей скобы *6* в почву. При этом упоры *4* разгружают гидроцилиндры, а подрезающая скоба *6* обеспечивает заданный угол резания, при котором повышается интенсивность крошения структуры почвы в зоне корневой системы и снижается тяговое сопротивление движению корчевателя.

Стойки *5*, симметрично расположенные вдоль оси корчевателя на шарнирах *13*, установленных на несущей раме *1*, выполнены в виде двуплечих рычагов — верхнего *14* и нижнего *15*. Верхние рычаги *14*, соединенные со штоками гидроцилиндров *7* шарниром *16*, осуществляют поворот стоек *5* в положение I до упоров *4* на заданный угол вхождения скобы *6* в почву, а нижние рычаги *15* неподвижно соединены с боковыми стенками U-образной подрезающей скобы *6*, перемещение которой в горизонтальное положение II ограничивается полным ходом штоков гидроцилиндров *7*, соединенных шарнирами *17* с несущей рамой *1*.

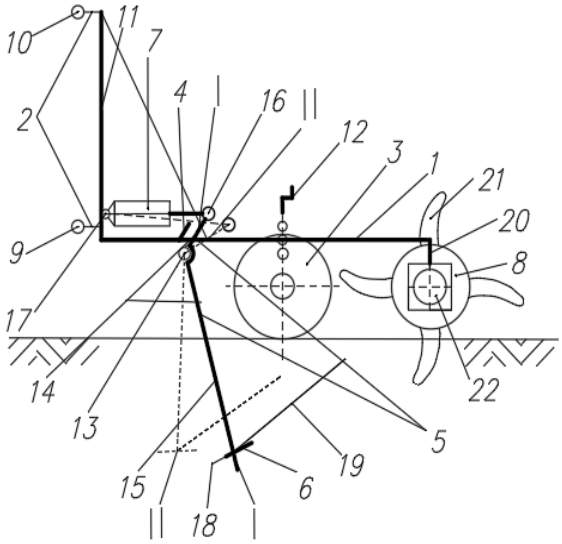


Рис. 5. Корчеватель без дополнительной рамы (вид сбоку)

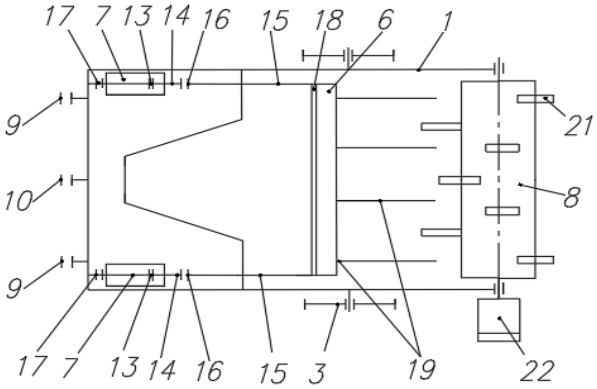


Рис. 6. Корчеватель без дополнительной рамы (вид сверху)

Подрезающая скоба *6* предназначена для подрезания корневой системы пня в горизонтальной и вертикальной плоскостях, имеет U-образную форму. На передней горизонтальной поверхности скобы расположены подрезающий нож *18*, а с противоположной стороны — подъемник *19* в виде направляющих спиц, по которым срезанный пень перемещается на ротор *8*, причем вертикальная правая и левая стенки подрезающей скобы *6* заточены, как режущий элемент.

Выносные гидроцилиндры *7* предназначены для управления подрезающей скобы *6*. При этом ротор *8* установлен на шарнирах кронштейнов *20*, неподвижно закрепленных на несущей раме *1*, и предназначен для окончательной очистки пней от почвы и выброса на поверхность с помощью бил *21*, неподвижно закрепленных на цилиндрической поверхности ротора *8*, привод которого осуществляется от гидромотора *22*.

Технологический процесс предлагаемого варианта корчевания с оптимизированными весовыми параметрами аналогичен ранее упомянутым, однако, благодаря исключению дополнительной рамы из конструкции корчевателя, установке ротора и подрезающей скобы с гидромеханизмами управления стойками подрезающей скобы на концах несущей рамы, а опорных колес — между ротором и подрезающей скобой в вертикальной плоскости центра тяжести корчевателя, существенно снижается масса агрегата, удельное давление на грунт, повышаются тягово-динамические показатели и производительность корчевателя. Одновременно снижаются материалоемкость, расход топлива, объем рабочей жидкости гидропривода, себестоимость изготовления корчевателя, материальные, производственные, эксплуатационные и энергетические затраты, обеспечивается высокий технический уровень корчевателя. Снижение массы корчевателя и реконструкция гидропривода управления стойками подрезающей скобы уменьшают уплотняющее воздействие на почву и несанкционированный выброс в атмосферу при разрушении рукавов высокого давления рабочей жидкости из гидросистемы, что также положительно влияет на экологическую обстановку окружающей среды [7—14].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчеватель : пат. 2537558 Рос. Федерация : МПК A01G 23/06 / Бартенев И. М., Попов И. В. № 2013135435/13 ; заявл. 26.07.2013 ; опубл. 10.01.2015, Бюл. № 1.

2. Корчеватель : пат. 27648808 Рос. Федерация : МПК A01G 23/06 / Фоменко Н. А., Сухов А. А., Бурлаченко О. В., Фоменко В. Н., Карапузова Н. Ю. ; ВолгГТУ. № 2021110533 ; заявл. 15.04.2021 ; опубл. 21.04.2021, Бюл. № 3.

3. Устройство для измерения контактных деформаций : пат. 2170919 Рос. Федерация : МПК G01N 3/08 / Бурлаченко О. В., Заболотный Р. В. № 2000102260/28 ; заявл. 27.01.2000 ; опубл. 20.07.2001, Бюл. № 20.

4. Система защиты гидропривода : пат. 2642919 Рос. Федерация : МПК F15B 20/00 (2006/01) / Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., Фоменко В. Н. № 2017108008 ; заявл. 10.03.2017 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 3.

5. Уплотнительное устройство для цилиндрических пар гидропневматических машин : пат. 2194898 Рос. Федерация : МПК F16I15/3 / Пындак В. И., Лапынин Ю. Г., Душко О. В., Дяшкин А. В. № 2001131652/06 ; заявл. 22.11.2001 ; опубл. 20.12. 2002, Бюл. № 35.

6. Корчеватель : пат. 2276361 Рос. Федерация : МПК A01G 23/06 / Фоменко Н. А., Сухов А. А., Бурлаченко О. В., Фоменко В. Н., Карапузова Н. Ю. № 2021114726 ; заявл. 25.05.2021 ; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8.

7. *Азаров В. Н., Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Сеимова Г. В.* Consideration of the effect of flue gas emissions into the atmosphere when selecting construction sites // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 698 : The International Scientific Conference “Construction

and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development" (CATPID-2019, Oct. 1—5, 2019, Kislovodsk / Eds. B. Yazyev et al. IOP Publishing, 2019. 7 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/7/077057. DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077057.

8. *Чебанова С. А., Поляков В. Г., Азаров А. В.* Designing of organizational and technological solutions for construction in constrained urban environments // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 687 : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019), Sept. 25—27, 2019, Chelyabinsk, The Russian Federation. Iss. 4. Construction technology and organization / Eds. A. A. Radionov, D. V. Ulrikh. Published by IOP Publishing, 2019. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/4/044004/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/687/4/044004.

9. *Чебанова С. А., Поляков И. В., Стреляева А. Б.* On the dispersed composition of ash and slag waste from boiler-house // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 272 : International science and technology conference "Earth science". Russky Island, Russian Federation, March 4—6, 2019 / Ed. by D. B. Solovev. IOP Publishing, 2019. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022149/pdf.

10. *Чебанова С. А., Поляков В. Г., Ерохин Д. А.* Engineering systems of heat supply and working on coal as sources of air pollution by finely dispersed dust // Procedia Engineering. Vol. 150 : 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / Ed. by A. A. Radionov. Elsevier publishing, 2016. Pp. 1989—1995.

11. Morphological composition of municipal solid waste in urban areas (on the Dagestan Republic example) / В. Н. Азаров, И. В. Стефаненко, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, И. М. Статюха // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 913 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" (CATPID-2020). Part 1, Nalchik, Russian Federation, Sept. 26—30, 2020. IOP Publishing, 2020. 8 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052061/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/913/5/052061.

12. The standard justification for the municipal solid waste accumulation / И. В. Стефаненко, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Карапузова, И. М. Статюха // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 913 : International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" (CATPID-2020). Part 1. Nalchik, Russian Federation, Sept. 26—30, 2020. IOP Publishing, 2020. 8 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052060/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/913/5/052060.

13. *Растяпина О. А., Поляков В. Г., Ященко С. О.* Modern principles of organization of production territories // Proceedings of the 5th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2021). Sochi, Russia, Sept. 2021. Vol. 168 / Ed. A. A. Radionov et al. South Ural State University. Cham (Switzerland) : Springer Nature Switzerland AG, 2022. Pp. 330—340. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91145-4_32.

14. *Растяпина О. А., Прокопенко В. В., Ганжа О. А.* Urbanized environment quality assessment methodology // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. Vol. 988(4) : International science and technology conference "Earth science" (ISTC EarthScience-2022) / Ed. D. B. Solovev. IOP Science, 2022. 6 p. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042076.

© Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Медведева В. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Фоменко Н. А., Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Медведева В. В. Оптимизация компоновочных параметров несущей системы корчевателя // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 176—185.

Об авторах:

Фоменко Николай Александрович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий строительного производства, зам. директора по научной работе, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ORCID: 0000-0003-1477-2709; burlachenkoov@vgasu.ru

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; sveta_nes@mail.ru

Медведева В. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Nikolai A. Fomenko, Oleg V. Burlachenko, Svetlana A. Chebanova, V. V. Medvedeva

Volgograd State Technical University

OPTIMIZATION OF LAYOUT PARAMETERS THE CARRIER SYSTEM OF THE GRUBBER

In the technological process of preparatory works of the construction complex, a system of machines is used in the construction of buildings and structures, which includes, in particular, a continuous-action uprooting machine for uprooting stumps arranged in parallel rows (forest crops, protective forest strips and other similar plantings), and a positional action used for uprooting stumps with chaotic the location on the cuttings and burning of natural forests. Existing mounted-type rooters have large dimensions and weight, which leads to an increase in specific pressure on the soil, additional resistance to movement, a decrease in traction and dynamic indicators of the rooter and productivity, as a consequence, to an increase in energy costs and manufacturing costs, and the cantilever arrangement of the rotor and a short shoulder from the hinge of the hydraulic cylinder to the axis the swing of the additional frame during its lifting requires a high energy consumption of the hydraulic cylinder, its increased standard size and additional consumption of hydraulic fluid. In this regard, the design of the rooter was developed in which the rotor is mounted on a supporting frame in the plane of the center of gravity of the rooter, and the additional frame on which the rotor was previously placed was excluded from the design, which allowed not only to reduce material capacity, but also fuel consumption, the volume of hydraulic fluid, the cost of the rooter, material, production, operational and energy costs, ensuring a high technical level of the grubber.

K e y w o r d s: supporting frame, additional frame, rotor, pruning bracket, support wheel, hydraulic drive.

For citation:

Fomenko N. A., Burlachenko O. V., Chebanova S. A., Medvedeva V. V. [Optimization of layout parameters the carrier system of the grubber]. *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], 2022, iss. 3, pp. 176—185.

About authors:

Nikolai A. Fomenko — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Oleg V. Burlachenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-1477-2709; burlachenkoov@vgasu.ru

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sveta_nes@mail.ru

V. V. Medvedeva — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 69.05

С. А. Чебанова, О. А. Растяпина, Т. С. Гончар, А. А. Карпов

Волгоградский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В СТЕСНЕННЫХ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

В статье рассматривается важность новых методов производства работ в обеспечении повышения эффективности строительных работ в стесненных городских условиях. Выполнен анализ методов организации строительных работ в условиях стесненной застройки. Повышение эффективности строительных работ позволит снизить затраты на строительные циклы и в конечном итоге стоимость объекта в целом. Важно при выборе организационных решений обратить внимание на технико-экономические показатели.

Ключевые слова: строительство, стесненная городская застройка, повышение эффективности строительных работ, организация строительной площадки, стесненные условия строительства, точечная застройка, уплотнительная застройка.

В современном строительстве существует тенденция уплотнительной застройки. Это значит, что необходимо разрабатывать более рациональные методы производства работ. Точечная застройка в уже существующих районах указывает на необходимость разработки методов повышения эффективности возведения зданий. Это позволит снизить затраты на строительство, инженерно-геологические изыскания, прокладку сетей и пр.

Повышение эффективности строительного производства актуально на сегодняшний день, как никогда. В городских районах многих городов Российской Федерации большинство зданий были построены еще в прошлом веке, и срок их эксплуатации подходит к концу. С быстро меняющейся архитектурой они уже не вписываются в современный вид города. На их замену приходят новые, многоэтажные здания. Современные объекты во многом превосходят застройки прошлого века.

Здания и сооружения, строительство которых осуществляется в стесненных условиях существующей городской застройки, относятся к категории сложных объектов и возводятся в строгом соответствии с проектом производства работ[1] [1].

При строительстве в условиях городской застройки возникает сразу несколько проблем. Как правило, для нового объекта строительства выделяется малая площадь, что, в свою очередь, затрудняет организацию строительной площадки: временных инженерных сетей, временных дорог, бытовок, складов строительных материалов.

Организационно-технологические правила строительства объектов в стесненных условиях существующей городской застройки, вне зависимости от их назначения и принадлежности, устанавливаются проектом организации

[1] Организационно-технологический регламент строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки. М., 2002.

СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011. Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство. М., 2011.

строительства, в котором предусматриваются мероприятия по обеспечению сохранности существующих объектов и снижению строительного, экологического и материального риска [2—11].

Границы строительной площадки, расположение постоянных и строящихся зданий, сооружений и временной строительной инфраструктуры указываются на строительном генеральном плане[2]. В условиях стесненной городской застройки организация строительной площадки отличается. Размещение на строительной площадке временной строительной инфраструктуры предусматривает максимально возможное размещение на участках, не предназначенных для строительства[3].

Так как границы строительной площадки для нового объекта ограничены, одним из решений повышения эффективности строительства является вынос инженерного городка за пределы строительной площадки. Вынесенные здания должны находиться не слишком далеко от места строительства объекта.

Повысить эффективность строительства может и правильно подобранный метод производства работ. В условиях стесненной застройки приоритетным является поточный метод строительства. Поточный метод производства работ является методом научной организации строительного производства, основанным на единообразии технологических схем процесса строительства и непрерывности производства работ[4] [1—3].

Строительный объект разбивается на отдельные захватки. Стройгенплан разбивается на несколько этапов строительства. В таком случае под каждый этап отдельные элементы строительной площадки передвигаются в процессе и могут освободить место для новых работ.

При применении поточного метода происходит[5] [1—3]:

- сокращение потерь рабочего времени примерно на 23 %;
- улучшение условий эксплуатации строительных машин — 19 %;
- снижение себестоимости строительства — 15 %;
- повышение производительности труда — 40 %;
- сокращение сроков строительства.

Повышением эффективности строительства является усовершенствование изделий и конструкций и сокращение сроков их изготовления. Благодаря этому происходит сокращение трудоемкости, а как следствие, и снижение продолжительности строительно-монтажных работ, а иногда и стоимости работ. Еще одним вариантом является укрупнение конструкций. Например, изготовление конструктивных элементов сразу на несколько этажей или окраска оконных переплетов вместе с остеклением.

К повышению производительности приводит и замена ручного труда механизмами, благодаря чему сокращаются сроки строительства. Механизация

[2] СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011. Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство. М., 2011.

[3] Организационно-технологический регламент строительства (реконструкции) объектов в стесненных условиях существующей городской застройки. М., 2002.

СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011. Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство. М., 2011.

[4] СТО НОСТРОЙ 2.33.52-2011. Организация строительного производства. Организация строительной площадки. Новое строительство. М., 2011.

[5] Там же.

строительных, монтажных и специальных строительных работ при возведении объекта должна быть комплексной и осуществляться комплектами строительных машин, оборудования, средств малой механизации. В проекте организации строительства должны быть приняты основные виды строительных машин исходя из конструктивных и объемно-планировочных решений возводимых зданий[6] [1—11].

Производительность труда на механизированных процессах значительно выше, чем при их ручном выполнении: на земляных работах в 6…7 раз, при погрузочно-разгрузочных — в 7…8 раз, на бетонных работах — в 4…5 раз, на отделочных работах — в 3…4 раза.

При выборе строительного монтажного крана можно освободить значительную площадь строительной площадки. Например, использовать в строительстве кран на рельсовых путях. По мере хода строительства такой кран можно будет передвигать по площадке и освобождать место.

При строительстве заглубленных сооружений можно применить метод «стена в грунте» [1, 3]. Он позволяет не производить трудоемкие работы по водопонижению, замораживанию и цементации грунтов, что позволяет значительно сократить потребление дорогостоящих строительных материалов — металлического шпунта, а также энергетических ресурсов, снизить себестоимость строительства [3, 5].

С помощью метода «стена в грунте» решаются сложные задачи строительства: возводятся подземные сооружения, подпорные стенки, противофильтрационные завесы, фундаменты глубокого заложения [4]. В современных реалиях такая технология освоения подземного пространства с каждым годом все более востребована, так как с помощью данного метода успешно решаются градостроительные задачи возведения зданий в стесненных условиях [2—9].

Данный вопрос актуален и с каждым днем набирает актуальность все больше. С развитием населенных пунктов изменяются потребности людей, в связи с чем необходимо создавать новые объекты капитального строительства и заменять уже старые здания. Поэтому строительство новых зданий на сложившейся территории является неизбежным и необходимым явлением современной жизни [5—11].

Целью исследования является разработка новых организационно-технологических решений, повышающих эффективность производственных работ при строительстве в стесненных городских условиях. Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи: поиск новых инновационных методов строительных работ и материалов; разработка эффективных методов по возведению зданий в стесненных условиях; совершенствование технологий строительных работ с учетом стесненных условий; кроме того, следует обратить внимание на параметры временных элементов строительной площадки, а также на технико-экономические показатели строительного производства.

Очень важно разработать методы повышения эффективности строительных работ, которые будут соответствовать нормам строительного производства, а также совершенствовать процессы строительства. Результатом новых

[6] Там же.

методов можно считать повышение эффективности строительного производства, уменьшение сроков строительства и стоимости объекта строительства. Оптимизация строительства — главный итог этого исследования. Это эффективное использование всей строительной площадки, рациональное использование монтажных машин, выбор крана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балабан И. С.* Оптимизация поточной организации строительства по критерию минимальной себестоимости работ : дис. … канд. техн. наук. СПб., 1998. 250 с.

2. *Поляков В. Г., Чебанова С. А., Антонов А. Д.* Организационно-технологические проблемы при строительстве в стесненных городских условиях // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 113—118.

3. *Чебанова С. А., Поляков В. Г., Азаров А. В.* Designing of organizational and technological solutions for construction in constrained urban environments // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 687 : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019), Sept. 25—27, 2019, Chelyabinsk, The Russian Federation. Iss. 4. Construction technology and organization / Eds. A. A. Radionov, D. V. Ulrikh. Published by IOP Publishing, 2019. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/4/044004/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/687/4/044004.

4. *Чебанова С. А., Поляков И. В., Стреляева А. Б.* On the dispersed composition of ash and slag waste from boiler-house // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. Vol. 272 : International science and technology conference “Earth science”, Russky Island, Russian Federation, March 4—6, 2019 / Ed. by D. B. Solovev. IOP Publishing, 2019. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/2/022149/pdf.

5. *Азаров В. Н., Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Сеимова Г. В.* Consideration of the effect of flue gas emissions into the atmosphere when selecting construction sites // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. Vol. 698 : The International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development” (CATPID-2019) Oct. 1—5, 2019, Kislovodsk / Eds. B. Yazyev et al. IOP Publishing, 2019. 7 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/7/077057. DOI: 10.1088/1757-899X/698/7/077057.

6. *Чебанова С. А., Поляков В. Г., Ерохин Д. А.* Engineering systems of heat supply and working on coal as sources of air pollution by finely dispersed dust // Procedia Engineering. Vol. 150 : 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / Ed. by A. A. Radionov. Elsevier publishing, 2016. Pp. 1989—1995.

7. Morphological composition of municipal solid waste in urban areas (on the Dagestan Republic example) / В. Н. Азаров, И. В. Стефаненко, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, И. М. Статюха // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 913 : International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development” (CATPID-2020). Part 1. Nalchik, Russian Federation, Sept. 26—30, 2020. IOP Publishing, 2020. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052061/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/913/5/052061.

8. The standard justification for the municipal solid waste accumulation / И. В. Стефаненко, А. В. Азаров, Н. В. Мензелинцева, Н. Ю. Карапузова, И. М. Статюха // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 913 : International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development” (CATPID-2020). Part 1. Nalchik, Russian Federation, Sept. 26—30, 2020. IOP Publishing, 2020. 8 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052060/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/913/5/052060.

9. *Растяпина О. А., Поляков В. Г., Ященко С. О.* Modern principles of organization of production territories // Proceedings of the 5th International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS 2021), Sochi, Russia in Sept. 2021. Vol. 168 / Ed. A. A. Radionov et al. Springer Nature Switzerland AG, 2022. Pp. 330—340. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91145-4_32.

10. *Растяпина О. А., Прокопенко В. В., Ганжа О. А.* Urbanized environment quality assessment methodology // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 988(4) :

International science and technology conference “Earth science” (ISTC EarthScience-2022) / Ed. D. B. Solovev. IOP Science, 2022. 6 p. DOI: 10.1088/1755-1315/988/4/042076.

11. Analysis and assessment of urban planning safety to achieve sustainable development of urban planning environment / О. А. Растяпина, В. Г. Поляков, В. В. Прокопенко, О. А. Ганжа, Т. А. Сабитова // E3S Web of Conferences. Vol. 208. First Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2020), Sept. 28—29, 2020 Yekaterinburg, Russia / Eds. W. Strielkowski, E. Animitsa, E. Dvoryadkina. EDP Sciences, 2020. 5 p. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/68/e3sconf_ift2020_04012.pdf.
DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020804012.

© Чебанова С. А., Растяпина О. А., Гончар Т. С., Карпов А. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Чебанова С. А., Растяпина О. А., Гончар Т. С., Карпов А. А. Повышение эффективности строительных работ в стесненных городских условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 186—191.

Об авторах:

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; sveta_nes@mail.ru

Растяпина Оксана Анатольевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; o_rast@list.ru

Гончар Татьяна Сергеевна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; lebedeva.tatyana1998@yandex.ru

Карпов Александр Александрович — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; karpov_alexandr_@mail.ru

Svetlana A. Chebanova, Oksana A. Rastyapina, Tat'yana S. Gonchar, Aleksandr A. Karpov

Volgograd State Technical University

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTION WORK IN CRAMPED URBAN CONDITIONS

The article discusses the importance of new methods of work in ensuring an increase in the efficiency of construction work in cramped urban conditions. The analysis of methods of organization of construction works in conditions of cramped development is carried out. Improving the efficiency of construction work will reduce the cost of construction cycles and ultimately the cost of the object as a whole. It is important to pay attention to technical and economic indicators when choosing organizational solutions.

K e y w o r d s: construction, cramped urban development, increasing the efficiency of construction work, organization of the construction site, cramped construction conditions, spot construction, sealing construction.

For citation:

Chebanova S. A., Rastyapina O. A., Gonchar T. S., Karpov A. A. [Improving the efficiency of construction work 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], 2022, iss. 3, pp. 186—191.

About authors:

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sveta_nes@mail.ru

Oksana A. Rastyapina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; o_rast@list.ru

Tat'yana S. Gonchar — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Aleksandr A. Karpov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 614.8

О. П. Сидельникова

Волгоградский государственный технический университет

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Статья посвящена анализу производственного травматизма работников различных видов экономической деятельности. Рассмотрены вопросы значимости охраны труда на предприятиях. Дана оценка состояния условий и охраны труда работников российских производственных объектов. Выявлены основные проблемы и причины травматизма на российских предприятиях. Рассмотрены основные факторы, влияющие на состояние охраны труда на производстве. Предложены пути решения возникающих проблем в сфере охраны труда и представлены рекомендации по совершенствованию управления охраной труда.

Ключевые слова: условия труда, охрана труда, безопасность труда, производственный травматизм, профессиональные заболевания, вредные и опасные производственные факторы, специальная оценка условий труда.

Охрана труда в современном мире имеет огромное значение в связи с интенсивным развитием производственной сферы и появлением новых видов деятельности. Соблюдение ее принципов позволяет решить целый ряд задач, среди которых [1]:

- гарантированная защита сотрудников предприятия от вредных и опасных факторов, влияющих на их здоровье или здоровье их потомства;
- снижение расходов на обеспечение производственного процесса;
- исключение серьезных экономических убытков из-за потери рабочего времени;
- исключение претензий и финансовых санкций контролирующих органов, призванных следить за соблюдением требований трудового законодательства;
- повышение производительности и качества труда персонала.

В Российской Федерации достаточно актуальными являются вопросы совершенствования условий и охраны труда, оценки эффективности профилактических мероприятий, а также использования выделенных на охрану труда средств и экономической оценки риска производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. От условий труда зависит работоспособность, производительность труда, здоровье человека. Неблагоприятные условия труда и несоблюдение требований охраны труда являются причиной высокого уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников.

Актуальность вопросов охраны труда в России высока, поскольку более 80 % основных фондов российских предприятий давно выработало свой ресурс [2, 3]. Естественно, что работа на изношенном оборудовании влечет за собой повышенную аварийность, сопровождающуюся несчастными случаями различной степени тяжести. В связи с этим возрастает роль вопросов охраны труда как одной из первоочередных задач развития предприятия. Рост значимости безопасности жизни и здоровья трудящихся на предприятии ведет к развитию следующих процессов на предприятии:

- комфортные и безопасные условия труда как один из основных факторов, влияющих на производительность и безопасность труда, здоровье работников;
- эффективность мероприятий по улучшению условий и повышению безопасности труда, что является экономическим выражением социального значения охраны труда, так как источник финансирования охраны труда и повышения эффективности производства является важнейшим элементом конкурентоспособности предприятия;
- социальное значение охраны труда заключается в содействии росту эффективности общественного производства путем непрерывного совершенствования и улучшения условий труда, повышения его безопасности, снижения производственного травматизма и заболеваемости;
- рост производительности труда в результате увеличения фонда рабочего времени за счет сокращения внутрисменных простоев путем предупреждения преждевременного утомления, снижения числа микротравм, уменьшения целодневных потерь рабочего времени по причинам временной нетрудоспособности из-за травматизма, профессиональной и общей заболеваемости.

Постоянный мониторинг возможных причин производственных несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве, аварий, взрывов, пожаров, разработка мероприятий и требований, направленных на устранение этих причин, позволяют работодателям создавать безопасные и благоприятные условия для труда. Сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является важной стратегической задачей государственной политики в сфере труда. С 1 марта 2022 г. вступили в силу новые нормативно-правовые акты[1], направленные на совершенствование системы государственного управления охраной труда, методов оценки уровней профессиональных рисков и снижения таких рисков.

Несмотря на ряд прогрессивных решений в области охраны и безопасности труда, ситуация с уровнем профессиональных заболеваний и травматизмом, в том числе со смертельным исходом, остается в РФ напряженной.

Основные направления в области государственного управления охраной труда сводятся к решению задач по завершению формирования института специальной оценки труда, совершенствованию законодательства в сфере труда, совершенствованию практических мероприятий в области охраны труда [4]. Одновременно проводится работа по осуществлению государственного надзора и контроля за соблюдением требований законодательства в области охраны труда и обеспечению общественного контроля за состоянием условий и охраны труда.

Характерной особенностью состояния условий и охраны труда на современных российских предприятиях является в первую очередь то, что оно формируется под совместным воздействием следующих взаимосвязанных факторов:

[1] Об утверждении примерного положения о системе управления охраной труда : приказ М-ва труда и соц. защиты Рос. Федерации от 29.10.2021 г. № 776н.

Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению таких рисков : приказ М-ва труда и соц. защиты Рос. Федерации от : 28.12.2021 г. № 796.

- характер используемых технологических процессов и производств;
- степень технического совершенства инструмента и оборудования;
- состояние основных производственных фондов;
- уровень организации производства и общей культуры труда;
- уровень общей грамотности, профессиональной квалификации, ответственности и дисциплинированности работников;
- отраслевая структура и состояние экономики страны;
- наличие законодательной базы, обеспечивающей устойчивое функционирование экономики;
- наличие законодательной базы, обеспечивающей устойчивое функционирование охраны труда;
- наличие системы государственного регулирования в сфере охраны труда и безопасности производства для реализации государственной политики в данной сфере, закрепленной законодательно, включая государственный надзор и общественный контроль;
- кадровое обеспечение системы управления охраной труда, включая государственную поддержку подготовки специалистов по охране труда, повышение квалификации руководителей и специалистов организаций по вопросам охраны труда;
- научное и информационное обеспечение правоустанавливающей и правоприменительной практики.

Обеспечение безопасности человека в процессе трудовой деятельности — это сложная инженерная и организационная задача, которая зависит от конкретных обстоятельств и условий того или иного производства. Вместе с тем технические основы управления безопасностью условий труда достаточно типичны и состоят в идентификации опасных и вредных производственных факторов, оценке рисков, включая их анализ и управление ими. Введение процедуры идентификации опасностей позволяет выявить реальные опасности, угрожающие повреждением здоровья на рабочем месте, для принятия превентивных мер с учетом результатов предварительной оценки рисков, что позволяет исключить или понизить степень возможного вреда и масштабы негативных последствий.

Разнообразие опасных и вредных производственных факторов на современных российских предприятиях допускает самые различные их классификации, которые на практике используются для идентификации опасных и вредных производственных факторов и связанных с ними рисков с целью последующей организации защиты от наиболее часто встречающихся и приносящих наибольший ущерб факторов.

В российской практике идентификация опасных и вредных производственных факторов производится на рабочих местах методом проведения специальной оценки условий труда[2]. Помимо обязанности обеспечивать проведение специальной оценки условий труда, у работодателя есть прямая обязанность организовать систематическое выявление опасностей и профессиональных рисков, их регулярный анализ и оценку.

Основными индикаторами состояния условий и охраны труда являются показатели производственного травматизма, профессиональной заболеваемо-

[2] О специальной оценке условий труда : федер. закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ.

сти и условия труда. Анализ их динамики, проводимый по данным Росстата, Роструда, Роспотребнадзора и ФСС, показывает, что в период с 2000 по 2020 г. наблюдается устойчивая тенденция к снижению как абсолютных, так и относительных показателей производственного травматизма (исключение составили 2007 и 2010 гг., когда произошли крупные аварии на угольных шахтах)[3].

Так, за указанный период (с 2000 по 2020 г.), по данным выборочных наблюдений Росстата:

- численность пострадавших на производстве с утратой трудоспособности на один день и более и со смертельным исходом сократилась в 7,4 раза — с 151,8 тыс. чел. до 20,5 чел.;
- со смертельным исходом в 4,6 раза — с 4,40 тыс. чел. до 0,91 тыс. чел.

Такому сокращению численности травмированных на производстве способствовали как социально-экономические факторы (сокращение численности занятых в экономике, изменение структуры занятости, особенно в начале 2000-х гг., снижение доли занятых физическим трудом, модернизация производства, рост доли высокотехнологичных производств, рост валового внутреннего продукта, что позволяло больше средств направлять на охрану труда), так и факторы, непосредственно связанные с организацией охраны труда, — совершенствование государственного управления охраной труда, включая развитие законодательной базы в области охраны труда (Трудовой кодекс Российской Федерации (Федеральный закон № 197-ФЗ от 30 декабря 2001 г.), федеральные законы «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ от 24 июля 1998 г., «Об основах охраны труда в Российской Федерации» № 181-ФЗ от 17 июля 1999 г., «Об основах обязательного социального страхования» № 165 от 16 июля 1999 г., «О специальной оценке условий труда» № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. и др.); разработка и реализация государственных программ (подпрограмм государственных программ) по улучшению условий и охраны труда в субъектах Российской Федерации; проведение государственной экспертизы условий труда; информационное обеспечение охраны труда и распространение передового опыта по улучшению условий и охраны труда; совершенствование осуществления государственного надзора за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных актов, содержащих нормы трудового права, общественного контроля и развитие социального партнерства в области охраны труда, а также международное сотрудничество в этой области. За этот период при сокращении численности работников видов экономической деятельности, входящих в выборку Росстата [4], на 32 % численность пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом сократилась на 86 %, численность пострадавших со смертельным исходом — на 79 %, относительные показатели (на 1000 работающих) при этом снизились на 80 и 70 % соответственно; число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом — на 77 %, при увеличении относительного показателя

[3] Результаты мониторинга условий и охраны труда в Российской Федерации в 2020 году. М., 2021. 130 с.

(числа человеко-дней на одного пострадавшего) — в 1,8 раза с 28,3 дней на одного пострадавшего в 2000 г. до 50,6 дней в 2019 г.

Показателем, по которому наблюдается рост, является число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших на производстве на одного пострадавшего. Наиболее высокие темпы его прироста наблюдались в 2007—2008 гг. (25,2 и 13,3 %). Если в период 2000—2006 гг. тяжесть производственного травматизма оценивалась в 28—33 дня на одного пострадавшего, то после 2008 г. уровень тяжести не опускался ниже 45,6 дней.

Анализ причин производственного травматизма в современной России свидетельствует об ослаблении внимания работодателей к совершенствованию и устойчивому развитию производства, соблюдению сроков замены устаревшего оборудования, применению надежных систем предупреждения и локализации аварий, соблюдению требований норм и правил охраны труда при проектировании и производстве оборудования и осуществлении технологических процессов.

В последние годы в России наблюдается динамика снижения травматизма на производстве со смертельным исходом, однако его уровень не может считаться удовлетворительным.

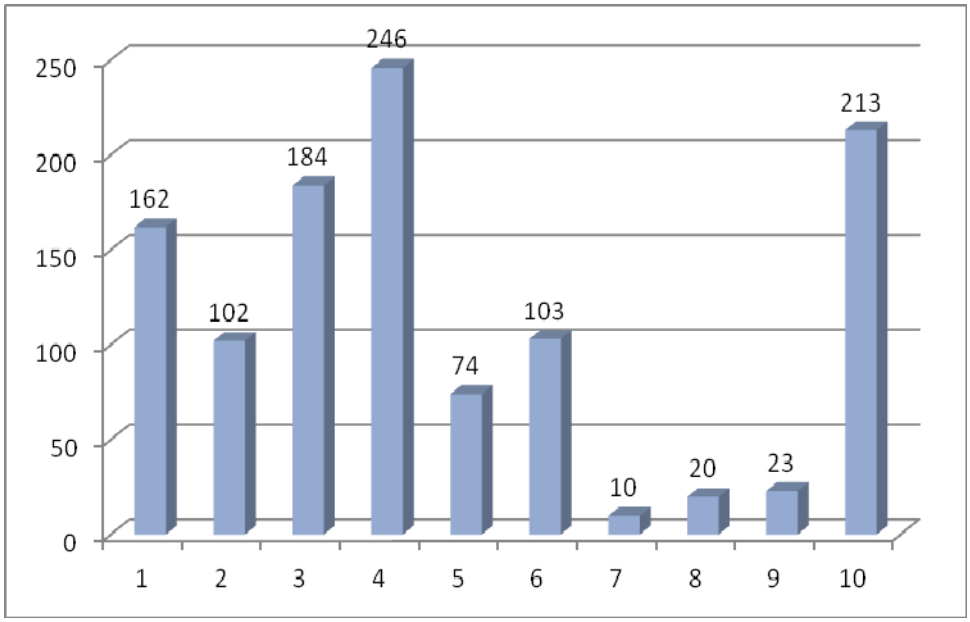
В большинстве случаев санитарно-гигиенические факторы при расследовании несчастных случаев учитываются недостаточно или практически не учитываются. Плохие метеоусловия, шум, вибрация, недостаточное освещение, запыленность и загазованность воздушной среды сравнительно редко могут быть непосредственной причиной травм. Все эти факторы отрицательно воздействуют на организм человека, приводят к повышенному утомлению, замедлению защитных реакций, нарушению координации движений, способствуя совершению ошибочных действий и возникновению травм.

Как правило, несчастные случаи вызывают значительную потерю дней трудоспособности. Но это только одна из статей ущерба, наносимого несчастными случаями на производстве. Кроме того, потери и дополнительные затраты предприятий включают в себя расходы на подготовку рабочих взамен пострадавших при тяжелых и смертельных несчастных случаях; стоимость устранения повреждений машин, испорченных материалов, инструментов и оборудования; стоимость лечения, суммы пенсий инвалидам труда и др. Общественные потери, связанные с понижением или прекращением трудоспособности на определенное время по болезни и травматизму, определяются не только экономическими последствиями в денежном выражении, но и мерой наносимого физического, морального и социального ущерба, а случаи с инвалидным или смертельным исходом влекут за собой более ощутимые потери.

Сведения о пострадавших на производстве в Российской Федерации по видам экономической деятельности и видам происшествий за 2020 г. представлены на графике (рис.) и в табл.[4].

Наибольшее количество работников, погибших в результате несчастных случаев на производстве, зафиксировано в таких видах экономической деятельности, как строительство; обрабатывающие производства; сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; транспорт; добыча полезных ископаемых.

[4] URL: https://блог-инженера.рф/oxrana-truda/статистика-травматизма-нс-2019-2020.html.



Пострадавшие со смертельным исходом по видам экономической деятельности по данным Роструда за 2020 г., всего: *1* — сельское, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство; *2* — добыча полезных ископаемых; *3* — обрабатывающие производства; *4* — строительство; *5* — оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования; *6* — транспорт; *7* — образование; *8* — здравоохранение и предоставление социальных услуг; *9* — предоставление прочих коммунальных услуг; *10* — другие виды экономической деятельности

В структуре травматизма по видам экономической деятельности доля строительной отрасли достаточно велика и имеет тенденцию к опережающему по сравнению с другими отраслями росту. Статистические данные свидетельствуют, что случаи аварий и травматизма в строительстве чаще всего происходят по организационным причинам, в результате неправильных действий (ошибок или бездействия) как рабочих, так и инженерно-технических работников, формальных подходов и снижения требований к системам управления охраной труда в строительных организациях.

Строительство относится к производству, характеризующемуся повышенной опасностью. В строительстве и промышленности строительных материалов на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда занято примерно 30 % списочного штата работающих. Из них более 9 % работают в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам (повышенной загазованности и запыленности воздуха, повышенного уровня шума и вибрации).

Высокий уровень травматизма можно объяснить спецификой выполнения строительных работ: необходимостью выполнения работ повышенной опасности, на высоте, в сложных климатических условиях и т. д. Особенности строительства по условиям труда приводят к повышенной травмоопасности этого вида деятельности.

Травматизм по видам происшествия (по данным Роструда за 2020 г.)

Происшествия	Вид		
	Тяжелые	Групповые	Смертельные
Транспортные происшествия	118	284	144
Падение пострадавшего с высоты	1	789	183
Падение на ровной поверхности одного уровня	—	367	34
Падение, обрушение, обвалы предметов, материалов, земли и пр.	26	343	125
Воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и т. д.	1	844	231
Попадание инородного предмета в тело человека	—	64	10
Физические перегрузки и перенапряжения	—	2	1
Воздействие электрического тока	9	55	83
Воздействие излучений (ионизирующих и неионизирующих)	—	1	—
Воздействие экстремальных температур и других природных факторов	7	43	4
Воздействие дыма, огня и пламени	28	54	31
Воздействие вредных веществ	13	—	15
Повреждение в результате контакта с растениями, животными, насекомыми и пресмыкающимися	1	25	8
Утопление и погружение в воду	1	—	31
Повреждения в результате противоправных действий других лиц	9	122	12
Повреждения при чрезвычайных ситуациях природного, техногенного, криминогенного и иного характера	7	4	5
Воздействие других неклассифицированных травмирующих факторов	5	56	31

Можно выделить следующие особенности организации охраны труда в строительстве в отличие от других отраслей экономики:

1. Участие в производственном процессе на строительной площадке различных подрядных организаций и физических лиц, деятельность которых требует координации.

2. Мобильный характер рабочих мест, которые, в отличие от рабочих мест в промышленности, имеют нестационарный характер и перемещаются в пределах строительной площадки или с одной площадки на другую.

3. Наличие в отрасли системы строительных норм и правил, составной частью которых являются нормативные акты по безопасности труда.

По данным Роструда, наиболее распространенными причинами несчастных случаев с тяжелыми последствиями, происшедших 2020 г. в организациях Российской Федерации, были:

- воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и механизмов;

- падение пострадавшего с высоты;
- транспортные происшествия.

Анализ обстоятельств и причин производственного травматизма подтверждает, что значительное количество несчастных случаев на производстве происходит вследствие слабого знания должностными лицами и работниками основополагающих требований трудового законодательства, нормативно-правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, безопасных приемов и методов выполнения работ.

Состояние условий труда является основной причиной, оказывающей наиболее существенное влияние на состояние профессионального здоровья работников и, как следствие, на уровень профессиональной заболеваемости.

Разрабатывать и осуществлять эффективную политику и программы профилактического и защищающего характера в целях снижения уровня производственного травматизма и заболеваемости профессионального характера — одна из важных задач.

Модернизация и улучшение условий труда не всегда являются для работодателя привлекательной процедурой. Работодатель проявляет интерес только к увеличению объемов выпуска продукции. Между тем экономические показатели предприятия напрямую зависят от модернизации и улучшения условий труда работников. Они выступают побудительным мотивом, важной целью развития производства, а не просто получением дохода и обеспечением его увеличения в расчете на единицу ресурса, затрачиваемого на производство продукции, которые, в свою очередь, также зависят от множества факторов.

Основной задачей в области улучшения условий труда является приведение опасных и (или) вредных производственных факторов в оптимальное состояние с целью повышения работоспособности и сохранения жизнедеятельности работников с одновременным сокращением или устранением трудовых потерь, что в итоге сказывается на экономических показателях российских предприятий и страны в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Брусенцов С. Г.* Роль охраны труда на производстве // Концепт. 2015. № 12. URL: http://e-kon-cept.ru/2015/15423.htm.

2. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие. Ч. 2 / Под ред. Е. А. Резчикова и д-ра техн. наук В. Б. Носова. 2-е изд., испр. и доп. М. : МГИУ, 1999. 248 с.

3. *Сидельникова О. П.* Проблемы безопасности труда в строительстве // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер. : Политемат. Вып. 2(27). 2013.

4. *Самарская Н. А.* Состояние условий и охраны труда в современной России // Экономика труда. 2017. Т. 4. № 3. С. 209—222.

© Сидельникова О. П., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Сидельникова О. П. Анализ производственного травматизма // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 192—200.

Об авторе:

Сидельникова Ольга Петровна — д-р техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; sidelnikova-volg@ mail.ru

Olga P. Sidelnikova

Volgograd State Technical University

ANALYSIS OF WORK-RELATED INJURIES

The article is devoted to the analysis of work-related injuries of workers occupied in various types of economic activity. The importance of labor protection at enterprises is considered. The assessment of the state of working conditions and labor protection of employees of Russian industrial facilities is given. The main problems and causes of injuries at Russian enterprises have been identified. The main factors affecting the state of work-related safety are considered. The ways of solving emerging problems in the field of labor protection are proposed and recommendations for improving labor protection management are presented.

K e y w o r d s: working conditions, labor protection, labor safety, work-related injuries, occupational diseases, harmful and dangerous production factors, special assessment of working conditions.

For citation:

Sidelnikova O. P. [Analysis of work-related injuries]. *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], 2022, iss. 3, pp. 192—200.

About author:

Olga P. Sidelnikova — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sidelnikova-volg@ mail.ru

УДК 69;614.876

О. П. Сидельникова

Волгоградский государственный технический университет

РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В обеспечении радиационно-экологической безопасности строительства значительное внимание в настоящее время уделяется естественной радиоактивности. Особое место в решении проблемы снижения радиационных рисков занимает радиационный контроль, цель которого заключается в обосновании и реализации таких строительных технологий, которые обеспечивали бы непревышение радиационно-гигиенических нормативов и дальнейшее снижение эффективных доз облучения населения. Для управления качеством строительства необходимо обязательное проведение его радиационно-экологической оценки.

К л ю ч е в ы е с л о в а: естественные радионуклиды, радиационный фон помещений, радиационно-экологическая безопасность, эффективная удельная активность, эквивалентная объемная активность, дочерние продукты распада радона, эманирование радона, радиоактивность строительных материалов.

Накопленная в последние годы информация изменила существующее представление о неизменности уровня облучения, обусловленного природными источниками излучения, и невозможности влияния на него. Очевидно, что уровень облучения определяется конструкцией здания, используемыми строительными материалами и условиями вентиляции, т. е. зависит от деятельности людей. Эти факты привели Международный комитет по радиационной защите (МКРЗ) к необходимости пересмотра своих концепций еще в 1978 г.

Для обеспечения безопасности человека и сохранения здоровья населения Научным комитетом по изучению действия атомной радиации Организации Объединенных Наций (НКДАР ООН) было разработано три основных направления деятельности:

1) обеспечение безопасности человека;
2) сохранение здоровья популяции;
3) разработка рекомендаций по улучшению радиационной обстановки, по снижению мощности доз и удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН), уменьшению использования промышленных материалов и отходов, содержащих высокую активность ЕРН, и др.

Целью государственной политики в области обеспечения радиационной безопасности является последовательное снижение до приемлемого уровня техногенного воздействия на население и окружающую среду радиационного фактора и снижение до допустимых норм воздействия природных источников ионизирующего излучения. Одним из отрицательных экологических последствий интенсификации развития промышленности, происходившей во второй половине XX столетия, явилось увеличение техногенного радиационного фона в результате перемещения в процессе производственной деятельности огромного количества природных радионуклидов (уран, торий и продукты их распада), что приводит к изменению радиационного воздействия на

человека. Уровень концентрации этих радионуклидов на земной поверхности резко возрос в связи с извлечением ряда полезных ископаемых при их добыче из недр и последующей переработке [1, 2].

Естественное радиоактивное загрязнение имеет два источника: космическое и радиоактивные элементы в минералах земной коры, которые возникли в процессе образования вещества Земли. Из-за большого периода полураспада их ядер радиационные элементы сохранились на Земле до настоящего времени. Под воздействием космического излучения в атмосфере постоянно образуются все новые ядра радиационных атомов. Важнейшие из них ^{14}C и тритий ^{3}H. Главнейшие из первозданных радионуклидов ^{40}K, ^{232}Th, а также ^{235}U и ^{238}U. Торий и уран распадаются с образованием различных радионуклидов в соответствии с их радиоактивными рядами. Наибольшее значение из таких изотопов имеют ^{222}Rn и ^{220}Rn, а также ^{226}Ra.

Интенсивность земного излучения очень сильно варьируется в зависимости от типа грунта, минералов, входящих в состав строительных материалов, и типа строений. В ряде случаев гамма-фон помещений и радоновая составляющая воздуха могут быть очень высокими.

Поэтому минеральное сырье, добываемое в регионе, и особенно привозимое (из других регионов, стран), должно контролироваться по радиационному признаку. Мы подразумеваем и отходы производства, топливных систем, особенно работающих на угле, и используемых предприятиями строительной индустрии в виде добавок или компонентов в бетонах, силикатном и керамическом производстве, в дорожном строительстве.

Существенным этапом изменения активности конечного продукта строительного производства (кирпича, шлакобетона, панелей и др.) может быть технологический нагрев или обжиг материалов, в результате которого изменяются радиоактивные характеристики (например, коэффициенты эманирования радона). Известно, что при пропаривании бетонов или при автоклавной обработке силикатного кирпича эффективная удельная активность радия и коэффициент эманирования радона повышаются, а при обжиге клинкера цемента или керамического кирпича указанные параметры значительно снижаются [1].

Таким образом, анализируя сырье, строительные материалы, конечные изделия, всегда можно найти оптимальный вариант для снижения радиационных параметров. То есть этим процессом можно управлять.

Информация об уровнях и структуре доз облучения населения позволяет обоснованно подходить к планированию и осуществлению на разных этапах строительства (проектирование, разработка месторождений минерального сырья, производство материалов, строительство и реконструкция зданий) мероприятий, направленных на снижение облучения.

Наибольший вклад в суммарную дозу облучения населения вносит ингаляция изотопов радона, находящихся в воздухе помещений и атмосферном воздухе.

Радиационный фон в зданиях рассматривается как один из основных видов лучевого воздействия окружающей среды на население, так как человек проводит большую часть своего времени внутри помещения. Разброс значений радиационного фона в помещениях зависит от многих факторов, из которых можно выделить следующие:

- вид (тип) материала, из которого построено здание и конструкции в нем;
- геометрия здания (архитектурно-планировочное решение);
- плотность застройки улиц зданиями из различных материалов;
- радиационный фон близлежащих территорий и зданий.

Проблема радиоактивности строительных материалов рассматривается с двух взаимосвязанных точек зрения: радиационно-гигиенической и технологической. Если первая устанавливает допустимые радиационные регламенты на разные строительные материалы и обеспечивает систему контроля, то технологический подход требует принятия таких конструктивных решений, при которых эти регламенты будут выдержаны, а дозы облучения населения окажутся настолько низкими, насколько это достижимо с учетом приемлемых технико-экономических показателей в данном регионе.

Вопреки сложившимся представлениям об источниках ионизирующего излучения естественного происхождения как о природном радиационном фоне, имеющем более или менее постоянное значение на протяжении всей истории, часто хозяйственная деятельность человека приводит к значительному перераспределению естественных радионуклидов в окружающей среде. Наиболее заметно это в сфере строительства, добычи и переработки нефти и газа, минерального сырья и других полезных ископаемых. Как правило, производственные процессы в этих отраслях экономики сопровождаются значительной концентрацией естественных радионуклидов с образованием локальных загрязнений большой активности. Современная стратегия обеспечения радиационной безопасности населения, получившая свое развитие в новой редакции национальной системы нормативно-правовых актов, требует серьезного пересмотра основных практических подходов к оценке и обеспечению радиационного благополучия населения. Поэтому радиационный мониторинг почвы, минералов, строительных материалов, применяемых в строительстве зданий и сооружений культурно-бытового и социального назначения, а также разработка рекомендаций по их снижению являются актуальной задачей.

Объектами контроля должны быть территории, карьеры, строительное сырье, строительные материалы, конструкции и, наконец, здания и сооружения [3, 4]. Радиационный контроль строительных материалов обеспечивает возможность принятия альтернативных решений (по критерию максимальной радиационной безопасности или минимума дозы) уже на стадии изготовления строительных материалов, конструкций и проектирования сооружений. Радиационный контроль внутри готовых зданий и сооружений сводится не только к фиксации сложившейся ситуации, но и к принятию экономически обоснованных мероприятий по снижению радиационного фона.

Мощность дозы гамма-излучения в помещении однозначно связана со средневзвешенной по массе удельной активностью ЕРН в используемых стройматериалах ($A_{эфф}$). Нормирование радиоактивности стройматериалов позволяет ограничить мощность дозы в строящихся зданиях.

Кроме эффективной удельной активности ЕРН строительных материалов и сырья, необходимо также контролировать эквивалентную равновесную объемную активность радона в зданиях, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в зданиях и на территориях. Распределение объемной активности радона в помещениях определяется сложным сочетанием факторов, среди

которых следует выделить геологическое строение территории, конструкцию здания и состав использованных для его возведения материалов, режим эксплуатации.

С выходом публикации 103 МКРЗ изменилась система радиационной защиты, и в частности подходы к регулированию ситуации облучения населения природными источниками облучения. В связи с этим назрела необходимость пересмотра основных положений регулирования радонобезопасности населения и их адаптации к современным условиям [5].

Объемная активность радона (ОА) в жилых помещениях, среднемировое значение которой равно 40 Бк/м^3, по меньшей мере в одном из ста помещений превышает уровень 250 Бк/м^3, соответствующий эффективной дозе 6,3 мЗв/год, и контрольное значение 100 Бк/м^3 эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) дочерних продуктов радона вновь построенных зданий [3, 4]. Средний для отдельных групп населенных пунктов риск смерти от радона достигает $1 \cdot 10^{-5}$, что выше риска смерти от любых других причин, за исключением курения и наиболее распространенных болезней.

Объемная активность радона и его дочерних продуктов распада изменяется в течение года в одном помещении десятки раз в зависимости от метеоусловий, вентиляционного режима и пр. [6].

Адаптация к новым рекомендациям МКРЗ базируется на рассмотрении различных вариантов ситуаций облучения, где центральная роль придается принципу оптимизации и референтным уровням (РУ). По мнению МКРЗ и ВОЗ, подход, при котором меры по снижению ОА радона рекомендовались только в случае превышения установленного уровня действия, создавал неверное представление, что воздействие ниже этого уровня является безопасным. Важным элементом современной стратегии регулирования радоновой проблемы является изменение смысла нормируемой величины, с переходом от уровня действия к референтному уровню. Референтный уровень представляет собой уровень дозы, риска или концентрации радионуклидов, допущение превышения которого при планировании считается неприемлемым, а ниже которого должна осуществляться оптимизация защиты. Следствием использования понятия референтного уровня вместо понятия уровня действия является то, что оптимизация должна применяться как оправданная мера выше и ниже референтного уровня, а не только когда он превышается.

Таким образом, основная идея реализации современной радоновой политики определяется не только снижением индивидуальных рисков от радона для наиболее облучаемых лиц, но и направленностью на последовательное снижение общего коллективного риска для всего населения. Контролируемость облучения радоном лежит в основе регулирования данной ситуации облучения, разработка стратегии и тактики которого является предметом рекомендаций и требований авторитетных международных организаций по радиационной безопасности.

Зависимость уровня радиационного риска от величины ЭРОА радона приведена в табл. Нормативу для эксплуатируемого жилья 200 Бк/м^3 соответствует пожизненный риск примерно 6 %[1]. Если ЭРОА превышает 500 Бк/м^3,

[1] НРБ-99/2009. Санитарно-гигиенические нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09/2009 (утв. 02.07.2009 г.). М., 2009. 87 с.

то риск становится больше на 15 %, а необходимость выполнения мероприятий по снижению облучения — вполне очевидной.

Дозы и риски, связанные с радоном [7]

Норматив ЭРОА, Бк/м^3	Назначение строительного объекта	Экспозиция,		Доза, мЗв		Риск	
		час/год	лет	За год	Суммарная	За год	Суммарный
16 (фон)	—	7000	70	1,0	70	$7{,}3 \cdot 10^{-5}$	$0{,}5 \cdot 10^{-2}$
100	Строящееся жилье	7000	70	6,3	440	$4{,}6 \cdot 10^{-4}$	$3{,}2 \cdot 10^{-2}$
200	Действующее жилье	7000	70	12,6	880	$9{,}2 \cdot 10^{-4}$	$6{,}4 \cdot 10^{-2}$
310	Производство	2000	50	7,4	370	$4{,}1 \cdot 10^{-4}$	$2{,}1 \cdot 10^{-2}$
1200	Урановые рудники	1700	20	29*	580	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$3{,}2 \cdot 10^{-2}$
1200	Персонал группы А	1700	50	29*	1450	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	$8{,}1 \cdot 10^{-2}$

Примечание: * — расчет дозы выполнен исходя из объема вдыхаемого воздуха 2400 м^3/год.

Дозы от радона рассчитываются с использованием «условного дозового перехода», когда от экспозиции ЭРОА радона (Бк/м^3) переходят к эффективной дозе (нЗв) через коэффициент, рассчитанный путем сравнения рисков. Это соотношение зависит от распределения активности по размерам аэрозолей, доли свободной фракции, скорости дыхания; доли активности, осевшей в разных частях легких; глубины расположения радиочувствительных клеток легочного эпителия. Значения дозового коэффициента равны $12 \cdot 10^{-6}$ нЗв на 1 Бк · ч/м^3 для производственных условий и $9 \cdot 10^{-6}$ нЗв на 1 Бк · ч/м^3 для жилищ [8]. В России такой подход был впервые применен еще при подготовке Норм радиационной безопасности НРБ-69 и с тех пор, несмотря на существенные изменения номинальных значений коэффициентов риска на единицу дозы, норматив по радону практически не изменился.

Уровень радиационного риска $6{,}4 \cdot 10^{-2}$ за 70 лет, соответствующий среднегодовой ЭРОА радона 200 Бк/м^3, нельзя признать вполне приемлемым. Введение более «жесткого» норматива по радону приведет к необходимости осуществления радонозащитных мероприятий в эксплуатируемых зданиях, потребует значительных средств и времени.

При оценках радонового риска всегда надо помнить, что вклад собственно радона в облучение относительно невелик. При радиоактивном равновесии между радоном и его ДПР этот вклад не превышает 2 %. Поэтому доза облучения легких от ДПР радона определяется величиной, эквивалентной равновесной активности радона:

$$A_{Rn\ \text{экв}} = A_{Rn} \cdot f_{Rn} = 0{,}1046 A_{RaA} + 0{,}5161 A_{RaB} + 0{,}3793 A_{RaC},$$

где A_{Rn}, A_{RaA}, A_{RaB}, A_{RaC} — объемные активности радона и его ДПР (*RaA*, *RaB*, *RaC* обозначают нуклиды ^{218}Po, ^{214}Bi, ^{214}Pb соответственно), Бк/м^3; f_{Rn} — коэффициент равновесия, который определяется как отношение эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе к реальной объемной активности радона. На практике коэффициент равновесия $f_{Rn} < 1(0{,}4\ldots0{,}6)$.

Около 90 % ингаляционного облучения обусловлено вдыханием дочерних продуктов изотопов радона, находящихся в воздухе помещений. Содержание радона в воздухе существенно зависит от удельной активности ^{226}Ra в строительных материалах, конструктивных особенностей здания, которые, в свою очередь, зависят от климатических условий мест проживания людей.

Радиационный контроль при строительстве зданий осуществляется с целью проверки соблюдения требований НРБ-99/2009 и включает решение следующих основных задач[2] [8, 9]:

- определение эффективной удельной активности природных радионуклидов в строительных материалах;
- оценка присутствия техногенных источников излучения в строительных материалах;
- определение удельной активности природных радионуклидов и коэффициента эманирования радона в пробах грунтов, отобранных при проведении инженерно-экологических изысканий на территории застройки;
- проверка территории застройки и подлежащих перемещению грунтов на радиоактивное загрязнение;
- определение мощности эффективной дозы гамма-излучения на территории застройки;
- определение плотности потока радона с поверхности грунта и оценка радоноопасности участков застройки с учетом эманирующей способности слоя грунтов под нижней отметкой фундамента здания;
- определение мощности эффективной дозы гамма-излучения в помещениях зданий, принимаемых в эксплуатацию;
- определение величины суммарной приведенной ЭРОА изотопов радона, а также значения фактора равновесия в помещениях зданий, принимаемых в эксплуатацию.

Интерпретация результатов радиационного контроля при строительстве зданий затруднена неопределенностью оценок, связанной с вариациями отдельных радиационных факторов во времени и неполной адекватностью значений некоторых физических факторов, которые будут иметь место в период приемки здания и во время его последующей эксплуатации. Это относится к оценке степени радоноопасности участков застройки и особенно к определению ЭРОА радона в помещениях зданий, принимаемых в эксплуатацию. Скорость поступления радона в здании зависит от метеоусловий, конструкции здания и ряда других факторов, а величина ЭРОА в помещении — еще и от интенсивности их проветривания. Увеличение объема радиационного контроля не всегда повышает точность оценок и, кроме того, ограничено технологическими особенностями строительства.

В этой ситуации возможен только вероятностный подход. Он заключается в расчете погрешности определения радоноопасности участка застройки и прогнозных уровней ЭРОА в эксплуатируемом здании, принятии мер для повышения надежности оценок за счет выбора оптимальных методов и объема измерений. Каждый шаг в этом направлении связан с увеличением стоимости исследовательских работ. В связи с этим необходим разумный компромисс

[2] ГОСТ 30108-94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. М. : Госстандарт, 1994. 12 с.

между приемлемой достоверностью оценок и требуемыми для ее достижения затратами. Важно, чтобы в подавляющем большинстве новых зданий уровни ЭРОА радона не превышали норматив. В тех случаях, когда это все же будет иметь место, необходимо реализовывать защитные меры в уже эксплуатируемом здании.

Вероятностный подход является, по-видимому, оптимальной стратегией организации радиационного контроля при строительстве зданий. Он позволяет решить задачи контроля на низких уровнях радиационно-опасных факторов с минимальными затратами. И только в «граничных» ситуациях необходимы дополнительные углубленные обследования.

Детальное радиационно-экологическое обследование здания необходимо проводить в тех случаях, когда уровни мощности эффективной дозы гамма-излучения или «приведенной» ЭРОА изотопов радона не соответствуют нормативу.

По результатам радиационно-экологического обследования должны быть разработаны меры по нормализации радиационной обстановки в здании. После реализации защитных мер необходимо повторить оценку радиационной обстановки, и, если ее нормализовать не удалось, решают вопрос о перепрофилировании здания или отдельных его помещений.

Информация об уровнях и структуре доз облучения населения позволяет обоснованно подходить к планированию и осуществлению на разных этапах строительства мероприятий, направленных на снижение радоновых нагрузок. Развитие научных идей в области радиационной безопасности населения, их практическая реализация в рамках национальной системы радиационной защиты обеспечат решение проблемы ограничения облучения населения от природных источников облучения, позволят оптимизировать систему защиты населения и снизить радиационные риски.

Решение проблемы снижения радиационной опасности жилища может быть осуществлено путем комплексных исследований активности радионуклидов добываемых минералов, их изменения в процессе производства материалов для домостроения и, наконец, суммарной эффективной активности и мощности дозы в строящихся и эксплуатируемых помещениях. Чрезвычайно важным этапом решения комплексной проблемы является разработка новых и определение реализуемых на рынке строительных и отделочных материалов с низкими эффективными удельными активностями для снижения радиационного фона в помещениях и защиты населения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сидельникова О. П.* Радиационный контроль в строительстве : учеб. пособие. М. : АСВ, 2002. 208 с.

2. Health Effect of Exposure to Radon. Committee on Health Risks of Exposure to Radon (BEIR IV). Washington : National Academy Press, 1999.

3. Районирование территории России по степени радоноопасности / В. А. Максимовский, М. Г. Харламов, А. В. Мальцев, И. А. Лучин, А. А. Смыслов // Практика защиты населения от облучения радоном : материалы науч.-практ. конф. Науч.-информ. журн. 1997. Вып. 3. С. 66—73.

4. *Жуковский М. В., Кружалов А. В., Гурвич В. Б., Ярмошенко И. В.* Радоновая безопасность зданий. Екатеринбург : УрО РАН, 2000. 180 с.

5. Публикация 103 МКРЗ 2007 г. / Пер. с англ. ; под общей ред. М. Ф. Киселева и Н. К. Шандала. М. : Алана, 2009. 312 с.

6. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации : докл. Научного комитета ООН по действию атомной радиации Генеральной Ассамблее за 2000 г. с приложениями : в 2 т. / Пер. с англ. М. : Мир, 2002.

7. Задачи и методы радиационного контроля при строительстве зданий / И. В. Павлов, Л. А. Гулабянц, С. И. Иванов, С. Е. Охрименко, А. М. Маренный // АНРИ. 2003. № 3. С. 2—12.

8. *Крисюк Э. М.* Уровни и последствия облучения населения // АНРИ. 2002. № 1. С. 4—12.

9. *Stefanenko I. V., Sidelnikova O. P.* Ensuring the radiation-related ecological safety of buildings // Applied Mechanics and Materials. 2018. Vol. 878. Pp. 243—247.

© Сидельникова О. П., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Сидельникова О. П. Радиационно-экологическая безопасность в строительстве // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 201—208.

Об авторе:

Сидельникова Ольга Петровна — д-р техн. наук, проф., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; sidelnikova-volg@ mail.ru

Olga P. Sidelnikova

Volgograd State Technical University

RADIATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN CONSTRUCTION

In ensuring the radiation and environmental safety of construction, considerable attention is currently being paid to natural radioactivity. A special place in solving the problem of reducing radiation risks is occupied by radiation control, the purpose of which is to substantiate and implement such construction technologies that would ensure that radiation hygiene standards are not exceeded and further reduce the effective doses of radiation to the population. To manage the quality of construction, it is necessary to carry out its radiation and environmental assessment.

K e y w o r d s: natural radionuclides, radiation background of premises, radiation and environmental safety, effective specific activity, equivalent volume activity, daughter products of radon decay, radon emanation, radioactivity of building materials.

For citation:

Sidelnikova O. P. [Radiation and environmental safety in construction]. *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], 2022, iss. 3, pp. 201—208.

About author:

Olga P. Sidelnikova — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sidelnikova-volg@ mail.ru

УДК 628.511.1

А. Б. Стреляева, Е. А. Калюжина, Р. А. Лясин, В. А. Багров

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ ПРИ РАБОТЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

В статье представлены результаты анализа пыли, образующейся в процессе измельчения соломы. Определенно массовое содержание частиц пыли $PM_{2,5}$ и PM_{10}, поступающих в атмосферный воздух и рабочую зону. Дисперсный состав пыли определялся с помощью микроскопического метода.

Ключевые слова: мелкодисперсная пыль, микроскопический анализ, дисперсный состав, соломенная пыль.

Введение

Одной из главных экологических проблем первой четверти XXI века является пылевыделение. Основными источниками образования пыли считаются различные технологические операции и процессы, связанные с получением сырья или материала в различных отраслях промышленности, в том числе в сельскохозяйственном хозяйстве [1].

В сельском хозяйстве активное пылевыделение возникает ввиду процессов, связанных с обработкой почвы и обработкой урожая с помощью сельхозуборочной техники. К обработке почв относятся следующие процессы: вскучивание, использование удобрений, применение пестицидов. Процессы, связанные с обработкой полученного урожая, — это чистка семян и зерен, сушка, дробление, веяние.

Кроме источников пылевыделения, приведенных выше, называемых антропогенными, также выделяют и другие источники пылевыделения, которые называются естественными. По проведенным исследованиям авторов [2] можно говорить, что существует два основных источника естественного пылевыделения, это: процесс инерционного переноса частиц почвы под действием силы ветра, сюда относят также пылевыделения при извержении вулканов, пыль, получаемую под действием океанической воды, и океаническое пылеобразование по работе [3].

Основной характеристикой пыли является ее дисперсный состав, который отражает, какую массовую часть занимают частицы определенного диаметра в процентом промежутке. Анализ дисперсного состава пыли имеет наиболее важное значение, так как в значительной мере объясняет ее физико-химические, в том числе взрывопожароопасные, свойства, а следовательно, и технологические качества соломенной пыли. Без характеристики степени дисперсности пыли нельзя объективно оценить эффективность действующих пылеочистных устройств и разработать комплекс мероприятий по защите рабочих, связанных с сельскохозяйственной техникой.

Существует условное деление пыли, образующейся при технологических процессах:

- частицы пыли, диаметр которых не превышает 10 мкм;
- чтицы пыли, диаметр которых не превышать 2,5 мкм;

- ультрамикроскопическая пыль, диаметр частиц которой менее 0,1 мкм [4].

Авторами были проведены исследования дисперсного состава пыли при работе комбайна (рис. 1). Это сельскохозяйственный комплекс, представляющий собой сложный механизм, выполняющий определенные операции по следующей технологической цепочке:

- срезание хлебных колосьев, подача их к молотильне и обмолот;
- очищение вороха, перемещение в бункер и выгрузка зерна.

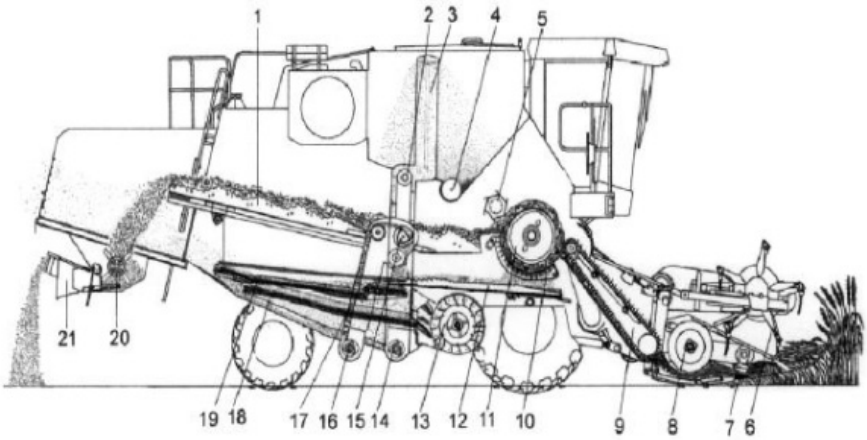


Рис. 1. Схема технологического процесса работы комбайна: *1* — соломотряс; *2* — элеватор зерновой; *3* — шнек загрузной зерновой; *4* — шнек горизонтальный; *5* — битер отбойный; *6* — мотовило; *7* — режущий аппарат; *8* — шнек; *9* — транспортер наклонной камеры; *10* — подбарабанье; *11* — молотильный барабан; *12* — стрясная доска; *13* — вентилятор; *14* — шнек зерновой; *15* — устройство домолачивающее; *16* — шнек колосовой; *17* — элеватор колосовой; *18* — стан решетный нижний; *19* — стан решетный верхний; *20* — соломоизмельчитель; *21* — дефлектор

Пыль может образовываться при процессах горения — диаметр частиц аэрозоля не превышает 70 мкм; процессах, связанных с механическим воздействием на материал, — размеры частиц аэрозоля не превышают 50 мкм; химических процессах при производстве — мелкодисперсный аэрозоль не более 3 мкм. При проведении исследований пыли, образующейся в сельской местности, было отмечено большое содержание нитратов и сульфатов в частицах пыли. При переходе в более городскую среду имело место уменьшение содержания нитратов и сульфатов и увеличение содержания углерода в пылевых частицах [5].

Пылевой фактор в зависимости от дисперсности и химического состава может оказывать негативное влияние на системы организма человека. Так, он может вызывать заболевания, связанные с дыхательной и сердечной системой: респираторные заболевания, рак легкого, пневмокониоз и его разновидности, астму. По данным[1] [5] было выявлено, что при кратковременном уве-

[1] Воздействие взвешенных частиц на здоровье. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/189052/Health-effects-ofparticulate-matter-final-Rus.pdf. Влияние пыли на здоровье человека. URL: http://biofile.ru/bio/22291.html.

личении концентрации частиц менее 10 мкм на 10 мкг/м^3 смертность от всех причин (суточная) возрастает на 0,6 %. При увеличении концентрации пыли размером менее 2,5 мкм смертность (суточная) от различных причин возрастает на 13 %. Наиболее восприимчивыми к пылевому фактору являются люди, имеющие заболевания дыхательной и сердечной систем, а также люди старшего поколения и дети. Кроме воздействия на органы дыхательной системы и сердечно-сосудистую систему организма, пыль может оказывать мутагенное или канцерогенное воздействие [6]. Имеется ряд работ, в которых говорится о негативном влиянии канцерогенных веществ на репродуктивную систему человека.

Оборудование и методика определения дисперсного состава пыли

Для определения дисперсного состава пыли использовался микроскоп фирмы «Микромед» «Микромед 1 вар. 2-20». Исследование образца пыли основано на двух методах: методе светового поля и методе темного поля с конденсором. Диапазон измерения с помощью данного метода составляет от 0,1 до 250 мкм.

Процесс исследования образца пыли начитают с фотографии, полученной при увеличении до x200, количество фотографий зависит от дисперсности пыли. Первичная полученная фотография имеет формат bmp, черно-белая. Данный метод, кроме определения дисперсного, может быть использован для изучения строения частиц пыли.

С помощью программы SPOTEXPLORER происходит обработка полученных микрофотографий образца. По микрографии пыли в формате bmp программа просчитывает количество частиц различного размера и их эквивалентный диаметр[2] [7]. Для определения характеристик пыли (формы частиц) используется периметр пятна, изображенного на микрофотографии. Частица (пятно) приводится к эллипсу той же площади, затем рассчитывается соотношение (периметр пятна, периметр эллипса), отражающее коэффициент формы частицы.

Результаты, полученные после обработки микрографии пыли, показали 11 типов данных. В них входят следующие данные: номер частицы, расположение частицы по оси X и Y, площадь частицы, эквивалентный диаметр частицы, длина частицы — минимальная и максимальная, отношение длины частицы минимальной и максимальной, периметр частицы, периметр эллипса частицы. По ним строятся дифференциальные и интегральные функции распределения массы пыли по диаметрам. По оси абсцисс откладывается диаметр частиц, а по оси ординат — распределение, %, частицы по диаметрам. Расхождение построенных функций не должно превышать 15 %.

Результаты исследования

С помощью программы SPOTEXPLORER и персонального компьютера были проанализированы отобранные пробы пыли, результат представлен в виде табл., интегральной функции распределения массы частиц и микрофотографий пыли (рис. 2—7).

[2] ГОСТ Р 56929-2016. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Исследование фракционного состава пыли оптическим методом при нормировании качества атмосферного воздуха. М. : Стандартинфор, 2016.

ГОСТ Р 59667-2021. Качество атмосферного воздуха. Методика определения фракционного состава пыли оптическим методом. Расчет концентраций взвешенных частиц PM2.5, PM10 в атмосферном воздухе на основе фракционного состава. М. : Рос. ин-т стандартизации, 2021.

Рис. 2. Микрофотография соломенной пыли, отобранной с корпуса измельчителя комбайна

Рис. 3. Микрофотография соломенной пыли, отобранной из кабины комбайна

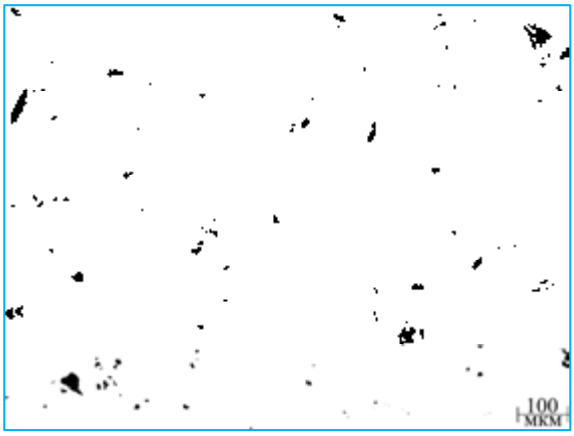


Рис. 4. Микрофотография соломенной пыли, отобранной из отсека аккумуляторов комбайна

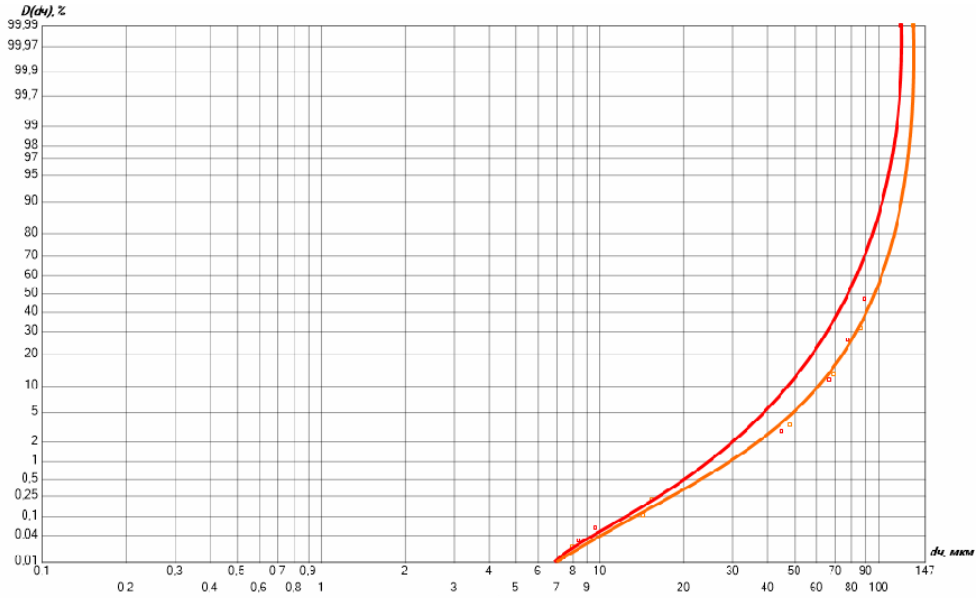


Рис. 5. Интегральная функция распределения массы частиц по диаметрам для пыли с корпуса измельчителя комбайна

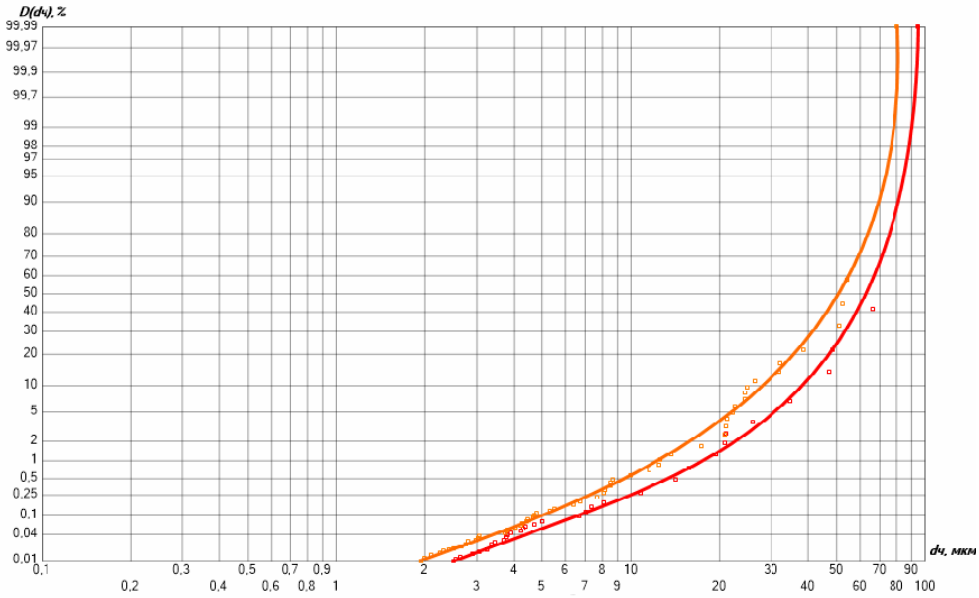


Рис. 6. Интегральная функция распределения массы частиц по диаметрам для пыли из кабины комбайна

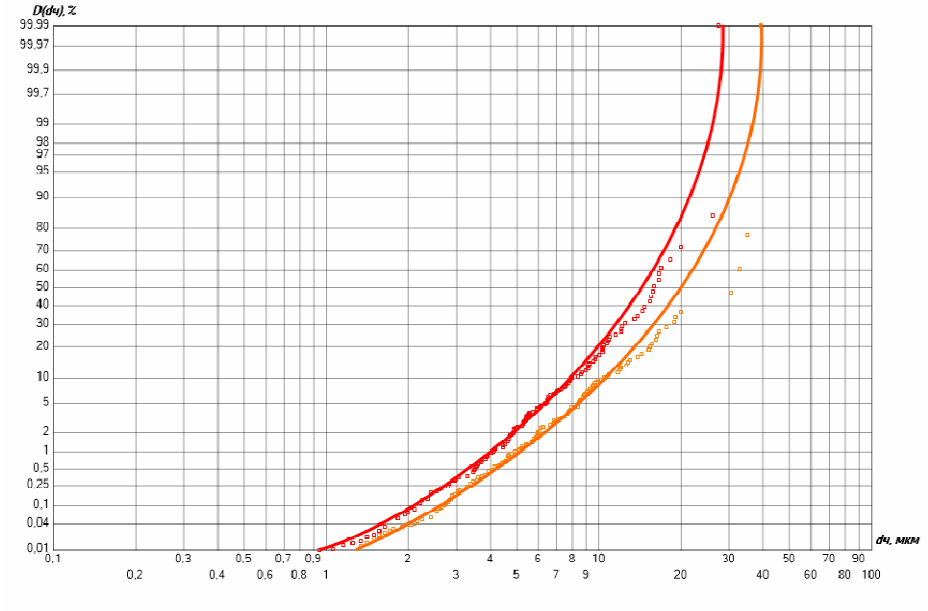


Рис. 7. Интегральная функция распределения массы частиц по диаметрам. Пыль из отсека аккумуляторов комбайна

Результаты дисперсного состава пыли, образующейся в процессе измельчения соломы

Пыль с корпуса измельчителя комбайна									
Размер, мкм	2,5	5	10	20	30	40	70	100	130
Масса частиц, %	0	0	0,04	0,15	1,0	2,8	25	35	1,0
Пыль из кабины комбайна									
Размер, мкм	2,5	5	10	20	30	40	70	100	130
Масса частиц, %	0,02	0,05	0,25	3,3	7,5	20	30	0	0
Отсек аккумуляторов комбайна									
Размер, мкм	2,5	5	10	20	30	40	70	100	130
Масса частиц, %	0,15	1,25	10	32	19	0	0	0	0

Выводы

По интегральным функциям, полученным по микрофотографиям пыли измельчителя соломы, можно утверждать, что пыль, выбрасываемая из измельчителя соломы, содержит малое количество частиц диаметром $PM_{2,5}$ и PM_{10}. Пыль, попадающая в атмосферный воздух и рабочую зону комбайнера, имеет смешанный состав, поэтому в ней появляются более мелкодисперсные частицы. При длительном воздействии пыли таких размеров возможно виброзное перерождение легкого, возникает пневмокониоз. Наиболее опасные по [8] с точки зрения возникновения пневмокониоза — пылевые частицы с диаметром не более 5 мкм. Они обладают высокой проникающей способностью, поэтому проникают в легкие и попадают в альвеолы, тем самым вызывая доброкачественное перерождение легкого. Образованная ткань на месте альвеол больше не способна обогащать кровь кислородом через гемоглобин. Кроме того, пыль, поступающая в кабину, может включать в своем составе

частицы удобрений. Пыль удобрений может дополнительно вызывать такие заболевания, как катар верхних дыхательных путей, риниты, ларингиты, бронхиты. При продолжительном контакте с пылью, содержащей минеральное удобрение, возможно возникновение интоксикации, преимущественно фтором и его соединениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калаева С. З., Муратова К. М., Чистяков Я. В., Чеботарев П. В.* Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о земле. 2016. № 3.

2. *Li H., Tatarko J., Kucharski M., Dong Z.* $PM_{2.5}$ and PM_{10} emissions from agricultural soils by wind erosion // Aeolian Research. 2015. Vol. 19. Part B. Pp. 171—182.

3. *Akinlade G. O., Olaniyi H. B., Olise F. S.* Spatial and temporal variations of the particulate size distribution and chemical composition over Ibadan, Nigeria // Environmental Monitoring and Assessment. 2015. Vol. 187. P. 544.

4. *Gaffney P.* A Comprehensive Research Plan for Developing $PM_{2.5}$ Emission Inventories. URL: http://www.epa.gov/ttnchiel/conference/ei10/pm/ gaffney.pdf.

5. A European aerosol phenomenology — 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europ / J.-P. Putaud et al. // Atmospheric Environment. 2010. Vol. 44. No. 10. Pp. 1308—1320.

6. *Lewtas J.* Air pollution combustion emissions: Characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects // Mutation Research. 2007. Vol. 636. No. 1-3. Pp. 95—133.

7. О применении ГОСТ Р 56929-2016 при мониторинге пылевого загрязнения атмосферного воздуха городских территорий / В. Н. Азаров, Е. Ю. Козловцева, А. В. Азаров, Д. Р. Добринский, В. И. Милохова, А. Б. Стреляева, И. В. Тертишников // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 53(72). С. 132—140.

© Стреляева А. Б., Калюжина Е. А., Лясин Р. А., Багров В. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Стреляева А. Б., Калюжина Е. А., Лясин Р. А., Багров В. А. Исследование дисперсного состава пыли при работе зерноуборочного комбайна // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 209—216.

Об авторах:

Стреляева Александра Борисовна — старший преподаватель, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Калюжина Екатерина Алексеевна — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Лясин Р. А. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Багров В. А. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Aleksandra B. Strelyaeva, Ekaterina A. Kalyuzhina, R. A. Lyasin, V. A. Bagrov

Volgograd State Technical University

INVESTIGATION OF THE DISPERSED COMPOSITION OF DUST DURING THE OPERATION OF THE COMBINE HARVESTER

The article presents the results of the analysis of dust formed during the grinding of straw. The mass content of $PM_{2.5}$ and PM_{10} dust particles entering the atmospheric air and the working area is definitely determined. The dispersed composition of the dust was determined using a microscopic method.

K e y w o r d s: fine dust, microscopic analysis, dispersed composition, straw dust.

For citation:

Strelyaeva A. B., Kalyuzhina E. A., Lyasin R. A., Bagrov V. A. [Investigation of the dispersed composition of dust during the operation of the combine harvester]. *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], 2022, iss. 3, pp. 209—216.

About authors:

Aleksandra B. Strelyaeva — Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Ekaterina A. Kalyuzhina — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

R. A. Lyasin — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

V. A. Bagrov — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 697.957

Ю. В. Старцева, А. А. Чернущенко, А. И. Евтушенко, А. О. Бурлаченко

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ ПРИТОЧНОГО ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ЗАВОДОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В статье представлены результаты измерений запыленности воздуха цеха производства железобетонных изделий, исследования аэродинамических характеристик выделяющейся при технологическом процессе пыли и ее дисперсного состава. При помощи САПР построены 3D-модели цеха с различными вариантами подачи приточного воздуха, на которых отображается движение воздушных потоков и их скорости. Сделаны выводы о влиянии способов подачи приточного воздуха на запыленность воздушной среды производственного помещения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: воздушные потоки, движение воздуха, пыль.

В промышленном и гражданском строительстве большую долю строительных материалов составляют железобетонные изделия: колонны, фермы, балки, плиты покрытий и перекрытий, панели стен, перегородок и т. д.

Производство железобетонных изделий осуществляется в одноэтажных промышленных помещениях с использованием конвейерных, полуконвейерных, поточно-агрегатных, кассетных и стендовых технологических линий.

На рис. 1 и 2 представлен план и разрез типового цеха производства железобетонных изделий (ЖБИ) с расположением технологических линий.

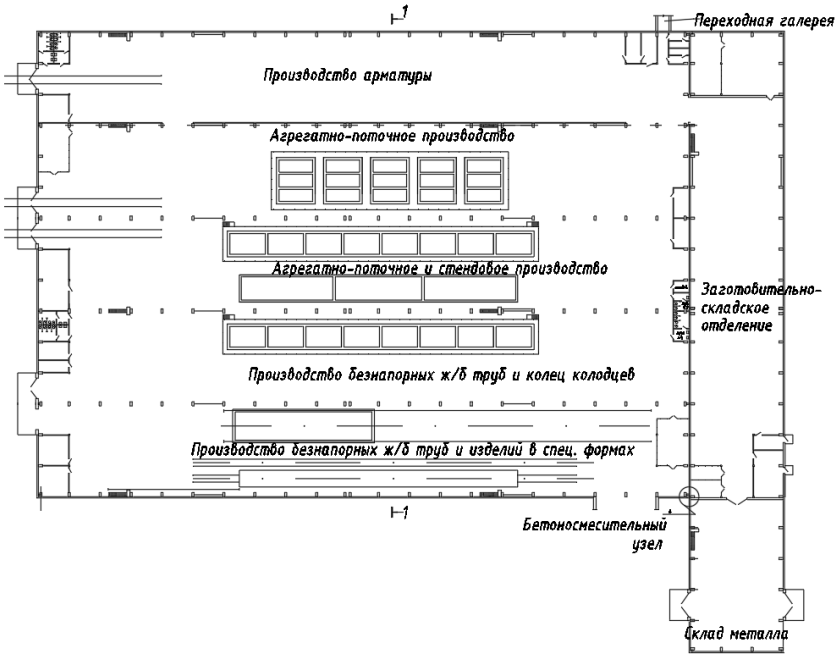


Рис. 1. План цеха по производству железобетонных изделий

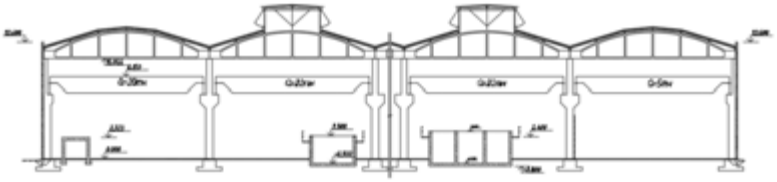


Рис. 2. Поперечный разрез цеха по производству железобетонных изделий

Несмотря на то, что технологический процесс производства ЖБИ, в отличие от производств приготовления цемента и бетонных растворов, не сопровождается выделением значительного количества пыли цемента, в воздухе рабочей зоны помещений наблюдается повышенная запыленность за счет повторного взмета осевшей пыли с поверхности пола производственного помещения, а также с технологического оборудования [1, 2].

Замеры запыленности воздуха в объеме цеха при различных технологических линиях приведены в табл. Максимальные значения достигают 0,99 доли значений ПДК для цементной пыли на высоте до 1,2 м от уровня пола помещения.

Значения концентрации пыли цемента в объеме цеха

Место отбора проб воздуха	Концентрация пыли цемента в воздухе на различных высотах, доли ПДК		
	0,0…1,2 м	1,2…2,4 м	2,4…10,8 м
Агрегатно-поточное производство	0,72	0,56	0,3
Агрегатно-поточное и стендовое производство	0,93	0,63	0,4
Производство безнапорных ж/б труб и изделий	0,99	0,6	0,42

Для изучения аэродинамических характеристик выделяющейся пыли был проведен дисперсный анализ [3—7], по результатам которого можно сделать вывод о том, что в объеме выделяющейся пыли преобладают мелкодисперсные частицы с размером до 10 мкм, а средний медианный диаметр частиц составляет 5…9 мкм (рис. 3).

Значения скорости оседания частиц выделяющейся пыли были получены путем экспериментальных исследований в седиментационной трубе [8, 9]. Установлено, что скорость оседания частиц с размером от 10 мкм и менее составляет 0,1 м/с, а скорость оседания более крупных частиц составляет 0,3 м/с.

Для улучшения воздушной среды производственных помещений необходимо провести исследования движения струи приточного воздуха [10—15].

Исследование течений воздушных потоков внутри производственных помещений было выполнено путем построения 3D-модели на базе цеха по производству железобетонных изделий. Построения выполнялись с помощью САПР Solidworks Flow Simulation.

В Solidworks Flow Simulation расчет движения потоков воздуха выполняется на основе уравнений Навье — Стокса. Алгоритм построения модели цеха ЖБИ включает в себя:

1) разработку 3D-модели производственного помещения;

2) определение области расчета;

3) задание локальной области;

4) установку граничных условий;

5) построение исходной расчетной сетки и определение параметров ее адаптации по решению и по граничным условиям;

6) задание поверхностных целей;

7) проведение расчета и оценку точности расчета методом сходимости по сетке;

8) визуализацию результатов расчета.

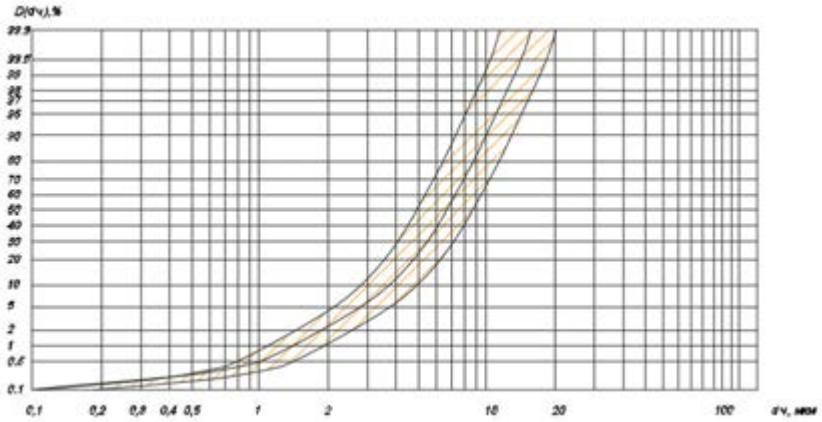


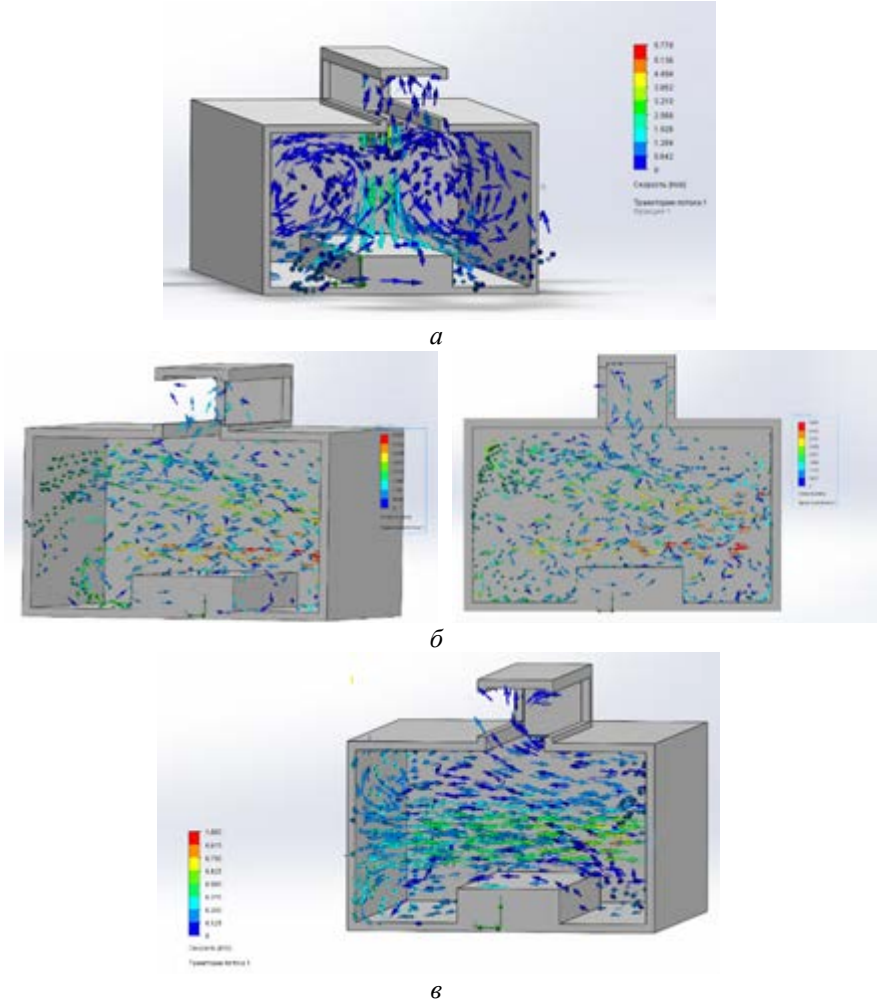
Рис. 3. Распределение массы частиц по диаметрам для пыли, отобранной в формовочном цехе производства железобетонных изделий

В результате проведенного расчета были построены линии направления и скорости воздушного потока при трех вариантах расположения воздухораспределительного устройства:

- при вертикальном расположении устройства подачи приточного воздуха со скоростью воздуха на выходе из воздухораспределителя 5 м/с (рис. 4, *а*);
- при боковой подаче приточного воздуха в рабочую зону со скоростью воздуха на выходе из воздухораспределителя 5 м/с (рис. 4, *б*);
- при подаче низкоскоростными струями в рабочую зону из воздухораспределителей большего сечения (вытесняющая вентиляция) (рис. 4, *в*).

На основе проведенных исследований дисперсного состава, скорости оседания пыли, выделяющейся в воздух помещения, а также полученных при помощи моделирования скоростей и направления движения приточного воздуха на рис. 5 показано распределение концентраций пыли по всему объему помещения.

Подача приточного воздуха вертикальными струями со скоростью на выходе из воздухораспределителя 5,0 м/с образует застойные зоны на уровне до 1,2 м, а средняя скорость потока 1,2 м/с способствует возникновению повторного взмета осевшей пыли с поверхности пола, горизонтальных частей оборудования, что, в свою очередь, вызывает повышенную запыленность в объеме производственного помещения (рис. 5, *а*).



а

б

в

Рис. 4. Визуальное представление направления движения и скорости приточного воздуха в зависимости от способа подачи воздуха и месторасположения воздухораспределителя

При боковой подаче приточного воздуха со скоростью на выходе из воздухораспределителя 5,0 м/с застойные зоны образуются в верхних частях помещения, а также на уровне до 1,2 м от уровня пола вблизи установленного технологического оборудования. Средняя скорость потока воздуха достаточно высокая — 1,5 м/с, что, с одной стороны, «продувает» рабочую зону, а с другой — создает условия для повторного взмета частиц осевшей пыли, но до отметки 1,2 м от уровня пола (рис. 5, *б*).

Подача приточного воздуха низкоскоростными струями в рабочую зону 0,7…0,5 м/с практически исключает повторный взмет осевшей пыли, застойные зоны при таком варианте подачи воздуха образуются вне рабочих зон, а высокая концентрация пыли наблюдается на уровне, не превышающем высотную отметку 1,2 м от уровня пола помещения (рис. 5, *в*).

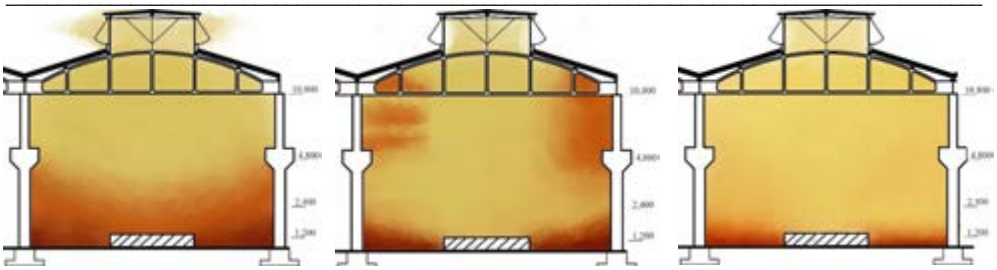


Рис. 5. Распределение концентраций пыли в объеме цеха: *а* — при вертикальной подаче приточного воздуха; *б* — при боковой подаче приточного воздуха; *в* — при боковой подаче приточного воздуха низкоскоростными струями

Выводы

Проведенный анализ аэродинамических характеристик пыли, выделяющейся в воздушную среду помещений производства железобетонных изделий, способов подачи, моделирования потоков и скоростей приточного воздуха показал, что наиболее благоприятное состояние воздуха рабочей зоны и всего цеха в целом наблюдается при подаче приточного воздуха низкоскоростными, вытесняющими струями, скорость воздуха в потоке которого составляет не более 0,7 м/с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Startseva Yu. V., Evtushenko A. I., Loboyko V. F.* On dust pollution in concrete-mixing departments of reinforced concrete factories // Biosphere compatibility: man, region, technology. 2016. No. 1(13). Pp. 77—85.

2. *Kalyuzhina E. A., Nesvetayev G. V., Azarov V. N.* Investigation of PM_{10} and $PM_{2,5}$ values in emissions into atmosphere and working area during construction work // VolgGASU Internet-Herald: Polythematic. 2012. Vol. 1(20). P. 24.

3 О дисперсном составе пыли в воздушной среде в производстве строительных материалов / В. Н. Азаров и др. // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 32(47). С. 256—260.

4. Aerodynamic characteristics of dust in the emissions into the atmosphere and working zone of construction enterprises / V. N. Azarov, A. I. Evtushenko, V. P. Batmanov, A. B. Strelyaeva, V. V. Lupinogin // International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7. No. 5. Pp. 132—136.

5. *Артюхин А. С., Пономарева Н. С.* Экспериментальные исследования аэродинамических характеристик и эффективности пылеулавливания аппаратов ВЗП // Проблемы промышленной экологии : сб. 130 материалов и науч. тр. молодых инженеров-экологов. Волгоград : ВолгГАСУ, 2006. С. 133—138.

6. *Калюжина Э. А., Несветаев Г. В., Азаров В. Н.* Исследование значений PM_{10} и $PM_{2,5}$ в выбросах в атмосферу и рабочую зону при проведении строительных работ // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер. : Политемат. 2012. Т. 1(20) С. 24. URL: http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=785.

7. *Азаров В. Н., Кошкарев С. А., Николенко М. А.* Об определении фактического размера частиц пыли в выбросах стройиндустрии // Инженер. вестн. Дона. 2015. Ч. 2. URL: http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2858.

8. *Старцева Ю. В.* Исследование пылевого фактора вредного воздействия на рабочих бетоносмесительного цеха производства железобетонных изделий : дис. … канд. тех. наук. Волгоград, 2018. 144 с.

9. Investigation of the dispersed composition of dust of inert materials exposed to overload in the manufacture of building materials / Yu. V. Satrseva, B. Ch. Meskhi, A. I. Evtushenko, A. A. Chernushchenko, A. A. Sakharova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 937. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021), June, 20—21, 2021, Ussurijsk, Russian Federation / Ed. V. Murgul. IOP Science, 2021. 6 p.

10. *Чернущенко А. А., Старцева Ю. В.* О влиянии пыли на здоровье рабочих предприятий по производству строительных материалов // Технические и естественные науки : сб. ст. по материалам Междунар. науч. конф. СПб., 2020. С. 65—66.

11. Оценка PM_{10} и $PM_{2,5}$ в жилищном строительстве / Д. В. Азаров, Н. А. Маринин, А. Б. Стреляева, В. А. Иванов, В. А. Шибаков // Жилищное строительство. 2013. № 2. С. 30—32.

12. Старцева Ю. В. Движение воздушных и пылевых потоков в бетоносмесительных отделениях производства железобетонных изделий // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2017. № 50(69). С. 122—130.

13. *Azarov V. N., Menzelintseva N. V., Karapuzova N. Y., Redwan Awaadh M.* Main trends of dust conditions normalizing at cement manufacturing plants // International Rewiew of Civil Engineering (IRECE). 2015. Vol. 6. Iss. 6. Pp. 145—150.

14. *Satrseva Yu. V., Evtushenko A. I., Khoperskov A. V., Azarov V. N.* On the assessment of the dust-air masses distribution regularity in the workshops of the reinforced concrete products' manufacturing // E3S Web of Conferences. Vol. 281. IV International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development" (CATPID-2021. Part 1), Nalchik, Russian Federation, July 1—5, 2021 / Ed. B. Yazyev. EDP Sciences, 2021. 5 p.

15. Organization of supply air supply in workshops for the production of reinforced concrete products / Yu. V. Satrseva, B. Ch. Meskhi, A. I. Evtushenko, L. Alekseenko, A. A. Chernushchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 937. Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE 2021), June 20—21, 2021, Ussurijsk, Russian Federation / Ed. V. Murgul. IOP Science, 2021. 6 p.

© Старцева Ю. В., Чернущенко А. А., Евтушенко А. И., Бурлаченко А. О., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Старцева Ю. В., Чернущенко А. А., Евтушенко А. И., Бурлаченко А. О. Исследование движения потоков приточного воздуха в производственных помещениях заводов железобетонных изделий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 217—223.

Об авторах:

Старцева Ю. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Чернущенко А. А. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Евтушенко А. И. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1

Бурлаченко Александр Олегович — аспирант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; a.o.burlachenko@gmail.com

Yu. V. Startseva, A. A. Chernushchenko, A. I. Evtushenko, Aleksander O. Burlachenko

Volgograd State Technical University

INVESTIGATION OF THE MOVEMENT OF SUPPLY AIR FLOWS IN INDUSTRIAL PREMISES FACTORIES OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS

The article presents the results of measuring the dust content of the air in the shop for the production of reinforced concrete products, the aerodynamic characteristics of the dust released during the technological process and its dispersed composition. With the help of CAD, 3D-models of the workshop were built with various options for supplying fresh air, which display the movement of air flows and speed. According to the studies, conclusions were drawn about the influence of supply air supply methods on the dustiness of the air environment of the production facility.

K e y w o r d s: air currents, air movement, dust.

For citation:

Startseva Yu. V., Chernushchenko A. A., Evtushenko A. I., Burlachenko A. O. [Investigation of the movement of supply air flows in industrial premises factories of reinforced concrete products]. *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], 2022, iss. 3, pp. 217—223.

About authors:

Yu. V. Startseva — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

A. A. Chernushchenko — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

A. I. Evtushenko — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Aleksander O. Burlachenko — Postgraduate Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; a.o.burlachenko@gmail.com

УДК 712(470.45)

Н. Н. Антонова, А. С. Татаринцева, Ю. В. Воронцова

Волгоградский государственный технический университет

ВОПРОС РЕНОВАЦИИ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА

Проведен подробный анализ формирования первых общественных озелененных объектов города, начиная с уездного Царицына и до современного Волгограда, с учетом особенностей его развития как агломерации пяти линейно скомпонованных районов, расположенных вдоль берега Волги. Обозначены проблемы, требующие решения.

Проанализирована существующая система озеленения города с учетом различных функций, транспортных связей и ландшафтных характеристик местности. Рассмотрен вопрос реновации озелененных территорий общего пользования на основе современных требований и на примере объекта периферийного района Волгограда. Перечислены требования и обозначены задачи, которые следует решать при возрождении общественно-рекреационных территорий городов, и в частности Волгограда.

Предложена концепция реновации одного из периферийных городских парков, имеющего большой внутренний потенциал в качестве объекта отдыха и досуга, а также пешеходной артерии района.

Ключевые слова: озелененные территории общего пользования, рекреационные зоны, реновация, Царицын, благоустройство территории, город Волгоград, Тракторозаводский район, парк «Спартанец», проектное предложение.

В современной градостроительной практике модель городского пространства формируется в установленной планировочной структуре, которая включает определенные функционально-планировочные образования: участки общественных пространств, жилые территории, площади производственных объектов, территории транспортно-инженерной инфраструктуры, систему учреждений и предприятий культурно-бытового обслуживания, территории рекреаций, образующие комплекс зеленых территорий, охватывающий весь город[*]. Здесь особая роль отводится вопросу тесной взаимосвязи и влияния озелененных транспортных пространств и коммуникаций города, городских ландшафтно-рекреационных объектов, а также озелененных пространств жилых территорий и архитектурных объектов [1].

Градостроительные нормы определяют конкретный состав элементов системы озеленения города: озеленение общего пользования (парки, скверы, бульвары, сады); озеленение ограниченного пользования (ДДУ, школы, больницы, промпредприятия); озеленение специального назначения (снегозащитные полосы, посадки вдоль железной дороги, кладбища).

Территории насаждений общего пользования доступны для всех категорий жителей города. Наиболее востребованными объектами этой группы можно назвать общегородские и районные парки, сады микрорайонов, насаждения при административных и общественных учреждениях, а также объе-

[*] Понятие о системе озелененных территорий города. Категории и типы озелененных территорий в крупнейших и крупных городах. URL: https://каталог-статей.рф/priroda/ponatie-o-sisteme-ozelenennyh-territoriy-goroda-kategorii-i-tipy-ozelenennyh-territoriy-v-krupneyshih-i-krupnyh-gorodah.html.

диняющие линейные пешеходные связи (бульвары, скверы и т. п.). Их рассредоточение в районах производится пропорционально плотности проживающего населения, на определенном расстоянии от жилых образований для комфортного пользования и минимальной затраты времени при передвижении к ним. Для организации полной картины городской системы озеленения эта схема дополняется озелененными участками ограниченного пользования (у школ, детско-юношеских центров, детских садов, больниц и пр.) и участками специального назначения (санитарно-защитные зоны предприятий, транспорта и т. п.).

Приведенная структура является основополагающим фактором для всех городов, но специфика природно-климатических условий и географического размещения проявляется и в системе в целом, и в соотношении площадей между элементами системы, и в планировке самих элементов [2].

В качестве примера рассмотрим систему озеленения Волгограда, сложившуюся в особенных градостроительных и природно-климатических условиях. Пространственное построение системы озеленения города приобрело линейный характер с поперечными выходами в сторону р. Волги. Эта структура удачно увязала в общую цепочку озелененные пространства общего пользования пяти комплексных планировочных районов города.

Неравномерность расположения зеленых массивов общего пользования в системе городского озеленения современного Волгограда все же присутствует. По факту обеспеченность зелеными насаждениями в городе колеблется от 4,0 до 27,9 кв. м/чел. (при нормативе 21 кв. м/чел.). В настоящее время город обладает фондом зеленых насаждений более чем в 12 000 га. Его основу формируют насаждения общего пользования, лесной фонд зеленых насаждений ограниченного и специального пользования [1].

Первые попытки создания общественных озелененных пространств имели место еще в уездном Царицыне. В конце XIX в. степной город практически не имел зеленых насаждений, в большей части доминировали огромные безликие площади. Формирование системы озеленения города началось с первых озеленительных мероприятий, которыми занималась Городская управа. Проведение «Праздника древонасаждения» было отправной точкой этой акции. В 1913 г. площадь зеленых насаждений города составила уже 1,6 га. К началу Первой мировой войны фасады многих зданий уже прятались за зелеными насаждениями. На территории Царицына было разбито около десяти садов и скверов, но своему прямому назначению отвечали только лишь два — это Скорбященский и Городской скверы на Александровской улице. Городской сквер поначалу доходил до современной Аллеи Героев, дальше он был продлен уже после Второй мировой войны. Именно тогда, в этом месте, в период первых озеленительных мероприятий начал складываться современный проспект Ленина. В послевоенное время взгляды изменились, образ сквера переосмысли и протянули его по проспекту между двух линий проезжей части.

Скорбященский сквер не блистал благоустройством и отягощал дух пространства ранее существовавшим погостом. В 1915 г. строительство Дома науки и искусств поспособствовало повышению спроса, сквер стал одним из самых посещаемых в городе.

В 1901 г. при строительстве Александра-Невского собора на Александровской площади в Царицыне закладывают Елизаветинский сквер (позже

приобрел название Гоголевский). Немного позже рядом с железнодорожным вокзалом также появляется небольшой круглый в плане садик — Железнодорожный. Уже в Сталинграде после реконструкции в 1931 г. он получает законченный образ.

Для организации досуга привилегированных особ возник небольшой увеселительный сад «Конкордия» недалеко от Астраханского моста через Царицу. Здесь располагался каменный театр Миллера, клуб «Взаимопомощь», открытая сцена, ресторан и постоянно играла живая музыка.

В 1903 г. рядом со зданием городской водокачки на берегу Волги при здании Общественного собрания был заложен сад с открытой эстрадой и развитым благоустройством. Имидж сада поддерживался средствами клуба.

Крупным носителем общественной озелененной территории в Царицыне был нефтегородок «Товарищества братьев Нобель». Здесь появились совсем не характерные для Царицына сады, принадлежавшие управляющему городка. Один из них утопал в изысках — фонтан, яркая подсветка, оркестр, другой был засажен фруктовыми деревьями. Уважаемая и почетная публика с удовольствием посещала эти озелененные общественные территории.

Эти первые озелененные публичные пространства Царицына заложили осмысленное направление в формировании дальнейшей системы озеленения Сталинграда и Волгограда. Впереди были большие изменения, как в планировочной структуре города, так в благоустройстве и озеленении. В 1925 г. Царицын переименован в Сталинград. Город формируется как центр образцовой жизни советского человека.

В середине 1930-х гг. формируется новый облик довоенного Сталинграда, проходит реконструкция и облагораживание больших рекреационных объектов города. Площадь Павших Борцов и расположенный на ней Гоголевский сад, а также набережная им. В. И. Сталина приобретают новый облик. Серьезная реконструкция центральной набережной преподнесла жителям города новую облагороженную территорию от реки Царицы до городской водокачки. Благоустроенный вид, озелененные террасы и откосы, малые архитектурные формы соответствовали крупному индустриальному городу [3].

Менялся образ центральной части города, новые пешеходные бульвары и улицы дополняли общественные озелененные пространства города. Появились первые советские городские скверы, сады и парки — Комсомольский сквер, Городской сад, парк Аэропортовский и многие другие.

Работы по озеленению в Сталинграде и строительство зеленого кольца в 1939 г. положили начало процессу создания пространственного зеленого каркаса города. В послевоенные годы восстанавливаются промышленные, жилые и общественные объекты, проводятся грандиозные работы по благоустройству, вводу инженерного оборудования и озеленению. Город постепенно приобретал гармоничный законченный ансамбль.

В 1961 г. Сталинград был переименован в Волгоград. Город начинает развиваться как агломерация пяти линейно скомпонованных планировочных районов, расположенных вдоль берега Волги. Каждый комплекс из двух административных районов объединился зелеными разрывами, расположенными вдоль природных балок и оврагов, ранее существовавших малых рек. Послевоенная реконструкция объединила в единый организм все части города, применив устройство сквозных магистралей.

На основании этой планировочной структуры и образования сложных функциональных связей между системами озелененных транспортных пространств, городских ландшафтно-рекреационных объектов, а также озелененных пространств жилых комплексов и архитектурных объектов [1] развиваются дальнейшие пространственные связи всех элементов зеленого каркаса города.

При анализе системы озеленения города на схеме развития природного каркаса Волгограда просматривается достаточный потенциал для развития зеленого фонда, но все же присутствует некоторый дисбаланс в количественном и качественном соотношении внутренних рекреационных территорий. Для понимания глубины вопроса потребуется изучение пространственной непрерывности ведущих компонентов системы озеленения города — озелененных общественных пространств. При формировании внутренней ландшафтно-рекреационной зоны города и соблюдении базовых принципов в первую очередь необходимо выявить характерные недостатки и определить степень важности введения новых и реновации существующих озелененных территорий общего пользования [2]. Для этого было предложено проанализировать территориально озелененные общественные пространства города, рассмотрев все административные районы. При обследовании общественных территорий были приняты во внимание объекты площадью больше одного гектара:

- Ворошиловский район — семь скверов, один парк;
- Дзержинский район — один сквер, три парка и один сад;
- Кировский район — два сквера, три парка и один бульвар;
- Красноармейский район — пять парков, один дендросад, два бульвара;
- Краснооктябрьский район — один сквер, три парка;
- Советский район — два сквера, три парка, один бульвар;
- Центральный район — четыре сквера, шесть парков, два сада, два бульвара.

Итого в Волгограде на сегодняшний момент по ограниченному регламенту площади существуют 17 скверов, 7 бульваров, 26 парков, каждый из них площадью более 1 га, при этом 9,09 % имеют отличное состояние, 50 % — хорошее, 40,91 % — удовлетворительное [4].

Рассмотрев общественно-рекреационные пространства Волгограда, можно выделить ряд характерных проблем и недостатков:

1) недостаточная социальная ориентированность рекреационных пространств на различные категории населения, особенно на маломобильные группы населения;

2) низкий уровень выразительности предметно-пространственной среды общественных пространств;

3) недостаточный уровень комфорта пространств и их безопасности;

4) невозможность быстрой трансформации и регулирования параметров под запросы города;

5) пространства разбиваются без учета природно-ландшафтных факторов региона и особенностей климата (морозная малоснежная зима, жаркое и засушливое лето);

6) постоянное сокращение и уничтожение зеленых массивов, связанное с освоением и застройкой новых территорий;

7) проектирование на территории охранных зон;

8) полное отсутствие законодательной базы и закрепленного статуса зеленых зон привело к тому, что эти земли могут беспрепятственно использоваться для строительства;

9) низкая культура и отсутствие экологического воспитания населения, приводящие к повреждению рекреационных объектов, вследствие чего ухудшается внешняя привлекательность общественных пространств [5].

За последние годы в общей сложности в Волгограде было реконструировано и озеленено около полусотни парков и других озелененных общественных пространств. Площадь реконструированных участков составила около 300 га во всех районах города [6]. Действенные изменения в городе обусловлены принятием и работой определенной стратегии развития под названием «Стратегия Волгограда 2030». Развитие и реконструкция общественных озелененных пространств города также следует этой программе. На базе этой стратегии выявлен следующий перечень востребованных проектных направлений: благоустройство территории и создание современных общественных пространств; повышение комфорта архитектурной и городской среды; повышение экологического благополучия города. Программа рассчитана на выполнение целого ряда задач. Во-первых, это создание новых общественных озелененных пространств на неиспользуемых территориях. Во-вторых, реконструкция пространств и объектов, находящихся в удовлетворительном состоянии. В-третьих, развитие береговой зоны реки Волги, включая формирование транспортно-пешеходной набережной от Тракторозаводского до Кировского районов города Волгограда с созданием зеленых выходов к реке.

По результатам программы в систему озеленения Волгограда за последние годы были введены новые и адаптированы после реконструкции следующие общественно-рекреационные пространства: Царицынский парк в пойме реки Царицы, парк им. Ю. А. Гагарина (бывший Аэропортовский), парк Победы на верхней террасе набережной им. 62-й Армии, парк им. 70-летия Победы в Краснооктябрьском районе, парк Семейный в Дзержинском районе, парк «Долина» в Советском районе, сквер Александра Невского в Центральном районе, сквер имени 8 Марта в Центральном районе. Зеленый фонд города приобретает органичные досуговые территории, позволяя качественно улучшить любимые и традиционные места отдыха не только жителей Волгограда, но и гостей города [4].

Практически каждый год в программу благоустройства «Жилье и городская среда» входят десятки городских общественных пространств [7]. Так, на 2022 г. жители города выбрали следующие публичные пространства: территория, прилегающая к музею-заповеднику «Старая Сарепта» Красноармейского района Волгограда; бульварная часть проспекта Жукова в границах от Самарского разъезда до пересечения с улицей имени Хорошева (правая сторона по направлению в центр); улица имени Германа Титова в Краснооктябрьском районе Волгограда (2-й этап, 1—2-я очередь); пешеходная зона по улице им. Ф. Э. Дзержинского (от пр-та Ленина до ул. им. Шурухина) в Тракторозаводском районе Волгограда, включая территорию, прилегающую к МБУК «Дворец культуры Тракторозаводского района Волгограда»; площадь Чекистов в Ворошиловском районе Волгограда (2-й этап); территория городского сада, пешеходных улиц Коммунистической и В. И. Ленина (1-й этап);

территория, прилегающая к станции Заканальной по улице Удмуртской; пойма реки Царицы в Центральном районе Волгограда (5-й этап); пруд, расположенный возле перекрестка ул. Шекснинской и проезда Дорожников, и благоустройство прилегающей к этому пруду территории (3-й этап, 1-я очередь) [8].

На схеме озеленения Волгограда явно просматривается тенденция к неравномерному распределению зеленных публичных пространств (рис. 1). Проведенный анализ территориального размещения объектов общественно-рекреационного назначения по муниципальным районам города также выявил эту тенденцию.

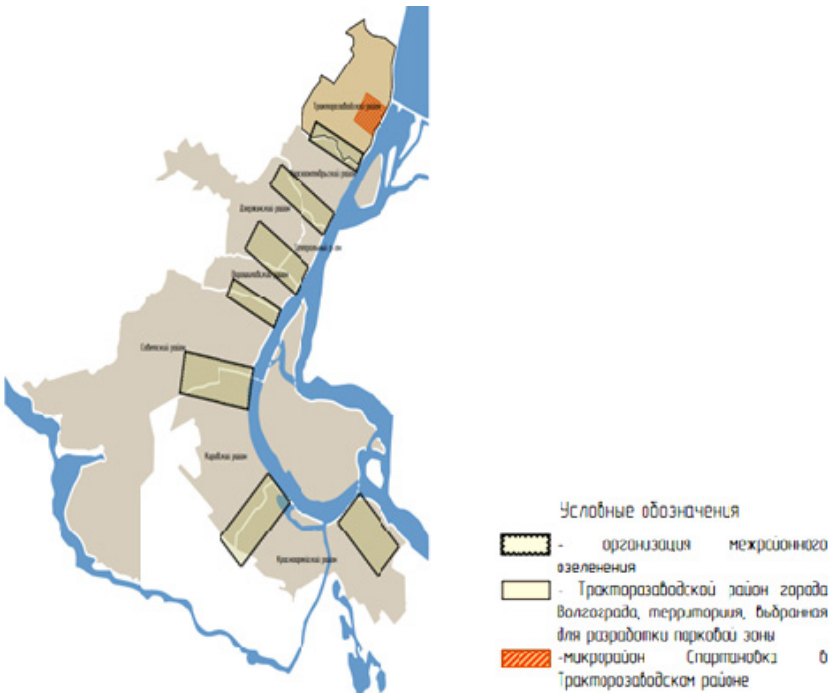


Рис. 1. Схема организации межрайонных рекреационных зон на территории Волгограда

Например, Центральный район города характеризуется преобладанием общественно-рекреационных объектов, как по количеству, так и по качеству средового наполнения элементами благоустройства и озеленением по сравнению с Тракторозаводским районом. Если Центральный район на сегодняшний день является самым озелененным, доступным и развитым, то районы на окраинах не имеют должного сосредоточения притягательных рекреационных объектов. Отсюда вытекает актуализация вопроса реновации, а тем самым увеличения коэффициента озеленения и функционального насыщения инфраструктуры этих объектов на периферии города. Развитие общественно-рекреационных пространств в периферийных районах повлечет за собой комплекс уравновешенного развития всего города в целом [9].

Для решения этого вопроса авторы разработали концепцию развития периферийного объекта, играющего не последнюю роль в системе озеленения района. Реновация рекреационного объекта среднего звена парка

«Спартанец» в Тракторозаводском районе Волгограда повысит коэффициент озеленения и реанимирует центр досугового притяжения для жителей самого северного района города, организует пешеходную связь между транспортными артериями.

Основные критерии выбора объекта:

- недостаточное количество объектов рекреационного досуга;
- запущенное состояние в связи с отсутствием эксплуатации;
- развитие транспортной сети города (Нулевой рокадной дороги) до Тракторозаводского района;
- расположение вблизи поселка ГЭС и г. Волжского раскроет большие возможности для притяжения посетителей.

Концепция предусматривает создание районного рекреационного объекта — парка на территории в границах ул. Николая Отрады, ул. Кастерина, ул. Апатитовой и Гидростроевского переулка. В основу идеи принята прогулочная аллея с эстакадой через ул. Серова, которая включает в композицию проезжую часть. Мост-эстакада — главная композиционная задумка проекта (рис. 2). Парк будет включать необходимую площадь озеленения, представленную следующими видами деревьев и кустарников: ель европейская, туя «смарагд», клен красный, ясень обыкновенный, скумпия кожевенная и можжевельник обыкновенный.

а *б*

Рис. 2. Парк «Спартанец» в Тракторозаводском районе Волгограда: *а* — проектное предложение (генеральный план); *б* — ситуационный план с границами проектируемого участка

Вдоль главной композиционной оси — аллеи парка — расположены следующие функциональные зоны: детская площадка, спортивная площадка, выставочная зона, кафе-павильоны (рис. 3). Инфраструктура парка удачно дополнена велосипедной дорожкой [10].

Рис. 3. Доминирующий объект парка — мост-эстакада

Положительные результаты проекта:

1. Обеспеченность жителей микрорайона Спартановка рекреационной территорией, отвечающей современным требованиям.

2. Раскрытие механизма для последующих реконструкций периферийных рекреационных территорий Волгограда.

3. Проектное предложение как типовое решение для проведения реконструкции общественных пространств такого уровня в Волгограде, имеющих выход к реке.

Таким образом, реновация общественно-рекреационных объектов с продуманным функциональным наполнением, благоустройством и грамотным подходом к ландшафтной организации территории — одна из важнейших задач в системе озеленения современного города. Правильное зонирование — один из критериев развития общественных территорий, главная цель которого — организация массового отдыха, занятий массовыми видами физической культуры, спортом, улучшение экологической обстановки [11]. Для решения этой задачи следует максимально учитывать особенности конкретной территории.

На сегодняшний день проблема состояния и развития общественных рекреаций является актуальной. Большое внимание уделяется вопросам их модернизации и улучшения, разрабатываются проекты реконструкции парковых зон. Основной задачей строительства нового или реконструкции существующего парка или сквера является создание контрастной по отношению к городу архитектурно-художественной обстановки [2].

Следует отметить, что проектное предложение — один из примеров развития не эксплуатируемой на данный момент территории. Если в каждом районе нашего города будет произведена подобная реконструкция общественных пространств, город получит дополнительные места отдыха и проведения досуга, а сам город станет более развитым и перспективным [12].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Королева И. С.* Формирование и развитие рекреационных пространств в условиях ландшафтного урбанизма (на примере Белгородской урбанизации) // Индустрия туризма и сервиса: известность, имидж, инвестиции : сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. Белгород, 2017. С. 138—141. URL: http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/24483.

2. *Кириллов С. Н., Половинкина Ю. С.* Оценка состояния зеленых насаждений общего пользования г. Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. : Естеств. науки. 2013. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-zelenyh-nasazhdeniy-obschego-polzovaniya-g-volgograda/viewer.

3. *Нагаева З. С., Сейтумерова С. С.* Развитие ландшафтного урбанизма как дисциплины // Строительство и техногенная безопасность. 2014. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-landshaftnogo-urbanizma-kak-distsipliny.

4. *Yılmaz S., Mutcu S.* Urban green areas and design principles. URL: https://www.researchgate.net/publication/309285040_Urban_Green_Areas_and_Design_Principle.

5. *Mokras-Grabowska J.* Recreational space -forms, transformations and innovative trends in development. URL: https://www.researchgate.net/publication/337021879_Recreational_Space_-Forms_Transformations_and_Innovative_Trends_in_Development.

6. *Dorozhkina E. A.* Some trends in the formation of recreational spaces in urban development. URL: https://www.researchgate.net/publication/339775899_Some_Trends_in_the_Formation_of_Recreational_Spaces_in_Urban_Development.

7. *Булатова Е. К.* Подход ландшафтного урбанизма при реконструкции городских набережных в условиях крупного города. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/podhod-landshaftnogo-urbanizma-pri-rekonstruktsii-gorodskih-naberezhnyh-v-usloviyah-krupnogo-goroda.

8. *Cadenasso M. L., Pickett S. T. A.* Urban principles for ecological landscape design and maintenance: scientific fundamentals. URL: https://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1024&context=cate.

9. *Boll Th., Von Ch. Haaren, Von Ruschkowski E.* The preference and actual use of different types of rural recreation areas by urban dwellers — the Hamburg case study. URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0108638.

10. *Нагибина И. Ю., Журова Е. Ю.* Значение парковых зон для жителей городской среды // Молодой ученый. 2014. № 20(79). С. 84—85. URL: https://moluch.ru/archive/79/14035.

11. *Shcherbina E., Harbiankova A., Slepnev M.* Urban-planning sustainability problems in a city natural framework. URL: https://www.researchgate.net/publication/317118902_Urban-planning_sustainability_problems_in_a_city_natural_framework.

12. *Karvonen A., Yocom K.* The civics of urban nature: enacting hybrid landscapes. URL: https://www.researchgate.net/publication/227472583_The_Civics_of_Urban_Nature_Enacting_Hybrid_Landscapes.

© Антонова Н. Н., Татаринцева А. С., Воронцова Ю. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Антонова Н. Н., Татаринцева А. С., Воронцова Ю. В. Вопрос реновации озелененных территорий общего пользования в современной системе озеленения города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 224—233.

Об авторах:

Антонова Наталья Николаевна — доц. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; antonovann.nata@mail.ru

Татаринцева Алиса Станиславовна — студентка группы АРХ-1-18, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; tt.lis@yandex.ru

Воронцова Юлия Владимировна — студентка группы АРХ-1-18, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; julia.vorontsova@list.ru

Natal'ya N. Antonova, Alisa S. Tatarintseva, Yuliya V. Vorontsova

Volgograd State Technical University

THE ISSUE OF RENOVATION OF GREEN AREAS OF COMMON USE IN THE MODERN SYSTEM OF LANDSCAPING OF THE CITY

A detailed analysis of the formation of the first public green objects of the city, starting from the district Tsaritsyn to modern Volgograd, taking into account the peculiarities of its development as an agglomeration of five linearly-arranged districts located along the Volga coast, has been carried out.

The problems requiring solutions are identified. The existing greening system of the city is analyzed taking into account various functions, transport links and landscape characteristics of the area. The issue of renovation of green areas of common use on the basis of modern requirements and on the example of the object of the peripheral district of Volgograd is considered. The requirements are listed and the tasks that should be solved during the revival of public and recreational territories of cities and, in particular, the city of Volgograd are outlined.

A concept is proposed for the renovation of one of the peripheral parks of the city, which has a great internal potential as an object of recreation and leisure, as well as a pedestrian artery of the district.

K e y w o r d s: green areas of common use, recreational areas, renovation, Tsaritsyn, landscaping, the city of Volgograd, Traktorozavodsky district, Park “Spartanets”, project proposal.

For citation:

Antonova N. N., Tatarintseva A. S., Vorontsova Yu. V. [The issue of renovation of green areas of common use in the modern system of landscaping of the city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 224—233.

About authors:

Natal'ya N. Antonova — Docent of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; antonovann.nata@mail.ru

Alisa S. Tatarintseva — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; tt.lis@yandex.ru

Yuliya V. Vorontsova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; julia.vorontsova@list.ru

УДК 504.064.38

И. Ю. Глинянова

Волгоградский государственный технический университет

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖИЛЫХ ЗОН НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСА АЭРОЗОЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В настояще время установлено, что аэрозольные частицы меньше 10 мкм являются наиболее опасными субстанциями для здоровья человека, и многие исследователи используют их для оценки экологического состояния урбанистических территорий. При этом автором не было встречено работ, в которых бы одновременно использовалось несколько аэрозольных показателей, что позволило бы оперативно выявлять экологическую ситуацию на заданной территории с одновременным определением в атмосферном воздухе кислотности среды, мелкодисперсной пыли, токсикантов, минеральных солей и др. Цель исследования — экспресс-оценка экологического состояния жилых зон населенных пунктов с использованием комплекса аэрозольных показателей (на примере жилой зоны р. п. Среднеяя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области). Был установлен экологический статус жилой зоны как «зоны кризиса» за период апрель — август 2020 г. Проведенное исследование демонстрирует успешное применение нового способа экспресс-оценки экологической ситуации территорий, который может быть рекомендован для использования экологическими службами населенных пунктов с целью повышения эффективности регионального экологического мониторинга.

Ключевые слова: аэрозоли, $PM_{2,5}$, PM_{10}, токсиканты, экологическая ситуация, экологический статус территорий, кислотность, удельная электропроводность, количество и массовая доля частиц.

Введение

Аэрозольные частицы меньше 10 мкм являются наиболее опасными субстанциями для здоровья человека, и многие исследователи используют их для оценки экологического состояния урбанистических территорий [1, 2]. Твердые частицы легко проникают в респираторную систему человека [3] и являются активаторами различных заболеваний.

Так, например, развитие хронических респираторных заболеваний, болезней сердца и сокращение продолжительности жизни часто связывают с выбросамми автотранспорта [4, 5]; нарушения в работе иммунной системы были установлены при хроническом воздействии промышленных аэрозолей [6]. В целом проблемы смертности населения от заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания организма человека также связывают с аэрозольными частицами ($PM_{2,5}$, PM_{10}) [7—9]. Определено влияние долгосрочного воздействия $PM_{2,5}$ в окружающей среде на хроническое заболевание почек среди населения [10], онкологичекие заболевания [10, 11].

В этой связи исследуются различные показатели аэрозольных частиц для оценки экологической ситуации в населенных пунктах, являющиеся индикаторами опасного загрязнения окружающей среды* [12, 13].

* ГОСТ Р 54597-2011/ISO/TR 27628:2007. Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли, аэрозоли наночастиц и наноструктурированных частиц. Определение характеристик и оценка воздействия при вдыхании. М. : Стандартинформ, 2019. 32 с.

При этом автором не было встречено работ, в которых бы одновременно использовалось несколько аэрозольных показателей, что позволило бы оперативно выявлять экологическую ситуацию на заданной территории с одновременным определением в атмосферном воздухе кислотности среды, мелкодисперсной пыли, токсикантов, минеральных солей и др. Цель исследования — экспресс-оценка экологического состояния жилых зон населенных пунктов с использованием комплекса аэрозольных показателей (на примере жилой зоны р. п. Среднеяя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области).

Основная часть

Территорией исследования явилась жилая зона р. п. Средняя Ахтуба Среднеахтубинского района, функционирующая в условиях нагрузки предприятий строительной индустрии — двух керамзитовых производств и др. (рис.).

Ситуационная карта месторасположения жилой зоны р. п. Средняя Атуба и предприятий строительной индустрии (метка красного цвета)

Материалом исследования послужили аэрозольные частицы, отобранные с листьев абрикосовых деревьев (Prunus armeniaca) в сентябре 2020 г. в сухую погоду на высоте 1…2 м от поверхности почвы. Было выбрано 10 точек отбора проб. В каждой точке отбиралось с одного абрикосового дерева по 10 листьев, площадью не менее 150 см^2 (один образец), 10 повторов. Итого в одной точке отбиралось не менее 100 листьев с 10 абрикосовых близкорастущих деревьев (Prunus armeniaca L.) суммарной площадью не менее 1500 см^2. Площадь листьев рассчитывалась методом сканирования с использованием графического редактора Adobe Photoshop. Собранные листья абрикосовых деревьев (только листовые пластинки без черешков) размещали в бумажные пакеты, маркировали и хранили при температуре окружающей среды до проведения анализа. Приготовление аэрозольных суспензий заключалось в погружении 10 шт. листьев в стеклянный стакан с дистиллированной водой, перемешивании их в дистиллированной воде в течение 2…3 мин и

получении водной суспензии с содержанием в ней аэрозольных частиц, смытых с листовых пластинок растений. Данный способ приготовления аэрозольных суспензий соотносится с известными международными [14] и российими [15] методиками.

В полученных аэрозольных суспензиях исследовались показатели кислотности, токсичности (развитие тест-объектов), удельной электропроводности, а также количество и массовая доля мелкодисперсных частиц. Результаты исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Описательные статистики показателей аэрозольных суспензий, измеренных в жилой зоне р. п. Средняя Ахтуба, 2020 г.

Описательные статистики	Аэрозольные показатели				
	pH	*EC*, мкСм/м	*Lr*, см	*N* (PM_{10}, %)	*D* (d_{PM10}, %)
Среднее	5,328875	106,3438	4,8	89,66	34,56
Стандартная ошибка	0,0148	0,297	0,027	0,98	2,04
Медиана	5,32	106,25	5	93,32	38,13
Мода	5,32	108,4	5,1	91,9	0,46
Стандартное отклонение	0,132	2,665	0,987	9,82	20,42
Эксцесс	–0,6497	1,71	11,75	7,79	–0,78
Асимметричность	0,282	–0,834	–2,92	–2,41	–0,47
N наблюдений	80	80	1250	100	100

При уровне значимости α = 0,05 гипотезы об однородности внутри выборок по исследуемым аэрозольным показателям в 2020 г. были признаны значимыми, что подтверждалось с помощью непараметрического теста Краскела — Уоллиса, а именно для показателя кислотности (H = 10,327; Df = 7; P-value = 0,1685); удельной электропроводности (H = 5,89; Df = 7; P-value = 0,5525); токсичности (развитие тест-объектов (H = 27,98; Df = 24; P-value = 0,053); количества частиц (H = 11,227; Df = 9; P-value = 0,26); массовой доли частиц (H = 10,501; Df = 9; P-value = 0,3115). Это позволило использовать значения показателей в интегральной оценке экологического состояния территории в виде средних значений базовых факторов (x_1—x_5) (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения базовых факторов (x_1—x_5) в жилой зоне р. п. Средняя Ахтуба, 2020 г.

Год	x_1 (pH)	x_2 (*EC*, мкСм/см)	x_3 (*Lr*, см)	x_4 (N_{PM10}), доля	x_5 ($D(d_{PM10})$, доля
2020	5,328	106,34	4,8	0,896	0,345

Средние значения базовых факторов явились основой для интегральной экспресс-оценки экологического состояния территории с позиции свертки нормированных базовых факторов по Колмогорову — Нагумо с целью установления экологического статуса территорий [16]. При этом диапазоны изменений базовых факторов, определение границ значений аэрозольных показа-

телей были устанавлены экспертно. Например, для кислотности pH и удельной электропроводности *EC*, мкСм/см, границы значений показателей основывались на официальных данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория А. И. Воейкова», Санкт-Петербург, Россия) [17]. Показатели развития тест-объектов *Lr*, см, определялись на основании данных исследований зарубежных авторов, базирующихся на известных международных методиках по изучению указанного показателя и его нормировки [18]. Диапазоны изменений других базовых факторов (аэрозольных показателей), например показателя количества N_{PM10}, %, и массовой доли частиц D_{PM10}, %, определялись так, что за идеальное значение принималось значение «0» аэрозольных частиц в окружающей среде и, соответственно, значение «0», касаемое колисчества и их массовой доли. За худшие значения указанных показателей принималось значение «1». При этом единицы измерений показателей количества аэрозольных частиц N_{PM10}, %, и их массовой доли D_{PM10}, %, исчислялись не в процентах, а в долях.

Приведем пример расчета нормировки полученных значений базовых факторов в жилой зоне р. п. Средняя Ахтуба в 2020 г.

1. Нормируем показатель D_{PM10}, исходное значение 0,345:

$$p_1(x) = 1 - \frac{1}{\ln(2)}\ln(x+1) = 1 - \frac{\ln(0,345+1)}{\ln(2)} = 0,572.$$

2. Нормируем показатель N_{PM10}, исходное значение 0,896:

$$p_2(x) = 1 - \frac{1}{\ln(2)}\ln(x+1) = 1 - \frac{\ln(0,896+1)}{\ln(2)} = 0,077.$$

3. Нормируем показатель *EC*, исходное значение 106,34 мкСм/см:

$$p_3(x) = e^{-\frac{x^2}{3200}} = e^{-\frac{106,34^2}{3200}} = 0,029.$$

4. Нормируем показатель pH, исходное значение 5,328:

$$p_4(x) = \begin{cases} 1 \text{ при } 5,5 \le x \le 6,5, \\ -0,05x^2 + 0,95x - 2,7125 \text{ при } 3,5 \le x < 5,5 \\ -0,05x^2 + 0,25x + 1,48 \text{ при } 6,5 < x \le 8,5. \end{cases} = 0,93,$$

5. Нормируем показатель *Lr*, исходное значение 4,8:

$$p_5(x) = \begin{cases} \frac{1}{\ln(5,36)}\ln(x+1) \text{ при } x < 4,36 \\ 1 \text{ при } x \ge 4,36 \end{cases} = 1.$$

После нормирования базовых факторов осуществляем оценку качества экологического состояния жилой зоны р. п. Средняя Ахтуба. Весовые коэффициенты α_i примем равными единице, поскольку исследуемые показатели одинаково важны для оценки качества окружающей среды:

$$Q_{\text{Ср. }Ax} = -\ln\left(\frac{\alpha_1 e^{-p_1} + \alpha_2 e^{-p_2} + \alpha_3 e^{-p_3} + \alpha_4 e^{-p_4} + \alpha_5 e^{-p_5}}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5}\right) =$$

$$= -\ln\left(\frac{e^{-0,572} + e^{-0,077} + e^{-0,029} + e^{-0,93} + e^{-1}}{5}\right) = -\ln\left(0,645\right) = 0,439.$$

Таким образом, экологический статус жилой зоны р. п. Средня Ахтуба за весну — лето 2020 г. оценивается как «зона кризиса».

Выводы

Проведенное исследование, направленное на экспресс-оценку экологического состояния жилых зон населенных пунктов с использованием комплекса аэрозольных показателей (на примере жилой зоны р. п. Среднеяя Ахтуба Среднеахтубинского района Волгоградской области) с позиции свертки нормируемых факторов по Колмогорову — Нагумо, позволило установить экологический статус жилой зоны как «зоны кризиса» за период апрель — август 2020 г. Новый способ может быть рекомендован для использования экологическими службами населенных пунктов с целью повышения эффективности регионального экологического мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ревич Б. А.* Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2018. Т. 29. № 3. С. 53—78.

2. *Холодов А. С., Кириченко К. Ю., Задорнов К. С., Голохваст К. С.* Влияние твердых взвешенных частиц атмосферного воздуха населенных пунктов на здоровье человека // Вестн. Камчат. гос. техн. ун-та. 2019. № 49. С. 81—88.

3. Increased incidence of respiratory tract cancers in people living near Portland cement plants in Korea / S. Y. Eom, E. B. Cho, M. K. Oh, S. S. Kweon, H. S. Nam, Y. D. Kim, H. Kim // International Archives of Occupational and Environmental Health. 2017. Vol. 90. No. 8. Pp. 859—864.

4. Impact evaluation of environmental factors on respiratory function of asthma patients living in urban territory / L. V. Veremchuk, K. Tsarouhas, T. I. Vitkina et al. // Environmental Pollution. 2018. No. 235. Pp. 489—496.

5. Morphological and chemical composition of particulate matter in buses exhaust / V. V. Chernyshev, A. M. Zakharenko, S. M. Ugay et al. // Toxicology Reports. 2018. No. 5. Pp. 224—230.

6. *Крючкова Е. Н., Сааркоппель Л. М., Яцына И. В.* Особенности иммунного ответа при хроничеком воздействии промышленных аэрозолей // Гигиена и санитария. 2016. № 95(11). С. 1058—1061.

7. Temporal variations in ambient particulate matter reduction associated short-term mortality risks in Guangzhou, China: a time-series analysis (2006—2016) / R. S. Wu, L. J. Zhong, X. L. Huang et al. // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 645. Pp. 491—498.

8. Assessment of air quality index and health impact of PM_{10}, $PM_{2.5}$ and SO_2 in Yazd, Iran / M. Mokhtari, M. Miri, H. Khorsandi et al. // Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2015. Pp. 14—23.

9. 10th Asian Aerosol Conference (AAC): Korea Assoc Particle & Aerosol Res, South Korea / T. Kim, T. Young, H. Kim et al. // Aerosol and Air Quality Research. 2018. Vol. 18. Iss. 7. Pp. 1853—1862.

10. Long-Term exposure to ambient fine particulate matter and chronic kidney disease: a cohort study / T. Chan, Z. Zhang, B. Lin et al. // Environmental Health Perspectives. 2018. Vol. 126. Iss. 10.

11. Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of brain tumor: the European study of cohorts for air pollution effects (ESCAPE) / Z. Andersen, M. Pedersen, G. Weinmayr et al. // Neuro-Oncology. 2018. Vol. 20. Iss. 3. Pp. 420—432.

12. *Голохваст К. С., Ревуцкая И. Л., Христофорова Н. К.* Характеристика качественного состава атмосферных взвесей Биробиджана // Acta Biomedica Scientifica. 2013. Vol. 3. No. 2. Pp. 53—56.

13. Химический состав аэрозоля в приземном слое прибрежной зоны Восточной Антарктиды / Л. П. Голобокова, В. В. Полькин, Н. А. Онищук и др. // Лед и снег. 2016. № 56(2). С. 177—188. URL: https://doi.org/10.15356/2076-6734-2016-2-177-188.

14. *Lukowski A., Popek R., Karolewski P.* Particulate matter on foliage of Betula pendula, Quercusrobur, and Tiliacordata: deposition and ecophysiology // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27. Pp. 10296—10307.

15. *Глинянова И. Ю.* Экологическая безопасность городской агломерации // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. 2019. № 2(75). С. 171—181.

16. Интегральная оценка качества транспортного обслуживания крупных городов и городских агломераций // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2018 : тр. 11-й междунар. конф. : в 3 т. / Н. В. Асанова и др. ; под общ. ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. 2018. С. 118—124.

17. *Свистов П. Ф., Полищук А. И., Першина Н. А.* Качественная оценка загрязнения окружающей среды (по данным о химическом составе атмосферных осадков) // Тр. Главной геофиз. обсерватории им. А. И. Воейкова. 2010. № 562. С. 76—94.

18. Assessment of phenolic herbicide toxicity and mode of action by different assays / C. Bettiol, S. de Vettori, G. Minervini // Environmental science and pollution research. 2016. Vol. 23. Iss. 8. Pp. 7398—7408. DOI: 10.1007/s11356-015-5958-5.

© Глинянова И. Ю., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Глинянова И. Ю. Экспресс-оценка экологического состояния жилых зон населенных пунктов с использованием комплекса аэрозольных показателей // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 234—240.

Об авторе:

Глинянова Ирина Юрьевна — канд. пед. наук, доц. каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Россия, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ecoris@yandex.ru

Irina Yu. Glinyanova

Volgograd State Technical University

EXPRESS ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF RESIDENTIAL AREAS OF SETTLEMENTS USING A SET OF AEROSOL INDICATORS

It has now been established that aerosol particles smaller than 10 microns are the most dangerous substances for human health, and many researchers use them to assess the ecological state of urban areas. At the same time, the author did not come across any works in which several aerosol indicators would be used simultaneously, which would make it possible to quickly identify the ecological situation in a given area with simultaneous determination of the acidity of the environment, fine dust, toxicants, mineral salts, etc. in the atmospheric air. The purpose of the study: express assessment of the ecological state of residential areas of settlements using a set of aerosol indicators (on the example of the residential area of the Sredneaya Akhtuba settlement of the Sredneakhtubinsky district of the Volgograd region). The ecological status of the residential area as a "crisis zone" was established for the period April — August 2020. The study demonstrates the successful application of a new method for express assessment of the environmental situation of territories and can be recommended for use by environmental services of settlements in order to improve the efficiency of regional environmental monitoring.

K e y w o r d s: aerosols, $PM_{2.5}$, PM_{10}, toxicants, ecological situation, ecological status of territories, acidity, electrical conductivity, number and mass fraction of particles.

For citation:

Glinyanova I. Yu. [Express assessment of the environmental state of residential areas of settlements using a set of aerosol indicators]. *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], 2022, iss. 3, pp. 234—240.

About author:

Irina Yu. Glinyanova — Candidate of Pedagogics, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ecoris@yandex.ru

УДК 656

В. В. Донченко[а, б], В. С. Чижова[а, б], А. Ю. Недре[в], В. Н. Азаров[г]

[а] Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
[б] ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»
[в] ВНИИ «Экология»
[г] Волгоградский государственный технический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в городах является автомобильный транспорт. Приведены результаты анализа мирового и отечественного опыта дистанционного зондирования выбросов автомобилями загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Представлены основные направления в зарубежной практике по использованию дистанционного зондирования выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта. Приведено описание метода дистанционного зондирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и соответствующих устройств. В результате проведенного анализа оценена перспективность использования методов и средств экологического контроля автомобильного транспорта на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов. Предложена процедура экологического контроля автомобильного транспорта на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов в Российской Федерации. Разработаны предложения по внесению изменений в действующие нормативные правовые акты Российской Федерации.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, загрязнение атмосферного воздуха, дистанционное зондирование выбросов загрязняющих веществ, оценка воздействия на окружающую среду.

Введение

Автомобильный транспорт во всем мире является наиболее серьезным источником загрязнения атмосферного воздуха в городах, наносящим значительный ущерб здоровью населения и экономике. По данным Международного совета по чистому транспорту (ICCT), транспортные выбросы в 2015 г. стали в мире причиной 385 000 преждевременных смертей и 7,8 млн лет потерянных жизней [1—5]. Транспортные средства с двигателем с искровым зажиганием, работающие на бензине и сжиженном нефтяном газе (СНГ), являются доминирующими на дорогах большинства стран. На их долю приходится более 80 % общего количества транспортных средств во всем мире, за исключением Европейского союза, Индии и Южной Кореи, где значительную долю составляют легковые автомобили и легкие коммерческие грузовики с дизельными двигателями (39…52 %) [6].

В Российской Федерации на долю автомобилей с двигателями с искровым зажиганием приходится 95 % парка легковых автомобилей (Автостат, 2021). Именно на эти автотранспортные средства приходится значительная доля выбросов загрязняющих веществ (в первую очередь в городах), особенно учитывая тот факт, что многие из них должным образом не обслуживаются владельцами и имеют большой пробег. Правила в отношении выбросов

загрязняющих веществ для вновь производимых автомобилей (например, Евро-6, Евро-7) становятся все более жесткими в части предельных значений и регулируемых видов загрязняющих веществ, методов испытаний. То же относится и к автомобилям с дизельными двигателями, для которых также вводятся все более строгие ограничения по выбросам в ходе стандартизированных испытаний при одобрении их типов. Однако исследования [7—9] показывают, что в реальных условиях дорожного движения эти автомобили выбрасывают гораздо большее количество вредных веществ (в частности, оксидов азота (NO_x)), чем при проведении испытаний на стендах по стандартным ездовым циклом.

В Российской Федерации начиная с 2014 г. обязательными для всех впервые регистрируемых автомобилей являются требования стандарта Евро-5, которые достигаются установкой на современных автомобилях систем снижения токсичности отработавших газов — нейтрализаторов отработавших газов (ОГ) и сажевых фильтров, систем рециркуляции ОГ и бортовой диагностики, других технических решений, которые позволяют снизить выбросы загрязняющих веществ более чем на порядок по сравнению с выбросами при отсутствии таких устройств. По данным агентства «Автостат», доля легковых автомобилей уровня Евро-4 и выше формально (по данным Госавтоинспекции) составляет в среднем по России почти 45 %, а в Москве этот показатель составляет почти 68 %. Однако какова эта доля на самом деле?

Любое автотранспортное средство характеризуется интенсивностью его эксплуатации, поведением водителя за рулем, уровнем технического обслуживания и качеством используемого топлива [6]. Несмотря на то, что типы производимых транспортных средств перед их поступлением на рынок получают одобрение на соответствие современным экологическим стандартам, их экологические характеристики ухудшаются по мере эксплуатации (с увеличением пробега, с учетом качества используемого топлива). В процессе роста пробега автомобиля могут возникать различные неисправности, влияющие на уровень выбросов загрязняющих веществ. Автотранспортные средства с большим пробегом или с неисправными/демонтированными системами нейтрализации выбрасывают в атмосферу значительно более высокие объемы загрязняющих веществ, чем установлено стандартами, и таким образом вносят непропорционально большой вклад в общий объем выбросов [10].

Следует отметить, что устройства снижения токсичности отработавших газов сами по себе достаточно дороги (стоимость для легкового автомобиля составляет до 1000…2500 долл., так как они содержат благородные металлы — платину, палладий, родий) и чувствительны к качеству топлива, требуют регулярного контроля работоспособности и замены в случае выхода из строя. При их установке на автомобиль настройки бортового компьютера определенным образом ограничивают динамические характеристики последнего, а в случае неисправности системы нейтрализации снижается мощность двигателя, что вызывает дополнительные неудобства для владельцев.

В России все перечисленное в условиях недостаточного государственного контроля за техническим состоянием автомобилей (в первую очередь за их экологическими характеристиками) привело в последние годы к появлению на рынке массового предложения услуг по демонтажу систем нейтрализации выбросов отработавших газов автомобилей и перенастройке бортовых ком-

пьютеров (так называемый чип-тюнинг). Число подобных предложений в Интернете превышает сотню тысяч и распространено практически во всех регионах России. Параллельно организован масштабный бизнес по приему/сбору демонтированных устройств нейтрализации для извлечения из них драгметаллов. Демонтаж системы нейтрализации с точки зрения экологичности одномоментно превращает современный автомобиль уровня Евро-5/Евро-6 в автомобиль 20—30-летней давности (уровня максимум Евро-1). Проблема чип-тюнинга актуальна и для грузового автотранспорта.

Описанная ситуация приобретает еще большую актуальность в условиях отмены с начала 2022 г. обязательности периодического технического осмотра личных легковых автомобилей, в связи с чем проблема обеспечения экологической безопасности эксплуатируемого парка личных легковых автомобилей становится критически важной.

Дистанционный контроль выбросов загрязняющих веществ от АТС

Одним из возможных решений здесь может стать применение методов дистанционного зондирования выбросов от автомобилей. Дистанционное зондирование выбросов от автомобилей (RS) — это метод дистанционного определения концентрации определенных загрязняющих веществ от отдельных проезжающих транспортных средств с помощью оптических датчиков без прерывания движения автотранспорта. Когда транспортное средство пересекает луч измерительного прибора, измеряется ослабление света шлейфом его выхлопных газов. Чем сильнее затухание сигнала на определенной длине волны, тем выше концентрация конкретного абсорбента (загрязняющего вещества). Разница в концентрации относительно измеренной фоновой концентрации приписывается транспортному средству, которое только что проехало через сечение дороги. Дистанционное зондирование выбросов транспортных средств на дороге (RS) имеет большие перспективы. Выбросы выхлопных газов тысяч транспортных средств могут быть проверены в течение одного дня в режиме реального дорожного движения с минимальными помехами для вождения.

Практика использования методов дистанционного зондирования для контроля выбросов от автотранспорта в разных странах

Дистанционное зондирование является многообещающей технологией, которая позволяет при относительно низких затратах измерять выбросы транспортных средств при их штатной эксплуатации на дороге. Более чем в 27 странах мира были проведены кампании дистанционного зондирования для измерения выбросов от АТС [11].

В Европе кампании по использованию систем дистанционного зондирования выбросов от автотранспорта проводились с разными целями в 2001—2012 гг. в таких странах, как Швеция, Великобритания, Швейцария, Испания и Нидерланды [12, 13]. В Австралии проводились исследования по сравнению результатов испытаний на динамометрическом стенде с измерениями системой дистанционного зондирования для австралийских автомобилей малой грузоподъемности [14]. Кампании дистанционного зондирования были проведены также в различных городах Китая. Результаты по Тайваню представлены в работе [16]. В Южной Корее выбросы от автотранспортных средств измеряются с помощью оборудования дистанционного зондирования в рамках их периодических проверок для выявления транспортных средств с высоким уровнем

выбросов с 2013 г. В этой стране каждый год выбросы от 2…3 млн транспортных средств измеряются в 42 различных точках в 21 городе [11].

Обширные исследования системы дистанционного зондирования начиная с 1993 г. были проведены в Гонконге. С 2014 г. Гонконг начал использовать дистанционное зондирование на дорогах в качестве регулирующего инструмента для обнаружения транспортных средств с высоким уровнем выбросов для обеспечения соблюдения установленных норм [6, 15]. Выбросы и номерной знак транспортного средства измеряются дважды с помощью двойного блока дистанционного зондирования (RS), когда оно проезжает измерительный пост. Номерной знак используется для получения регистрационной информации о проезжающем транспортном средстве. Измеренные выбросы сравниваются с предельно допустимыми значениями для данной модели, чтобы определить, характеризуется ли проезжающее транспортное средство высоким уровнем выбросов или нет. Только те транспортные средства, у которых два последовательных измерения превышают предельные значения, считаются источниками высоких выбросов. Это может относиться или к одному загрязнителю, или к нескольким загрязнителям одновременно.

Методы исследования. Устройства и условия для дистанционного зондирования выбросов загрязняющих веществ на дороге

Принцип дистанционного зондирования выбросов автомобиля иллюстрируется на рис. 1. Показаны два варианта реализации схемы дистанционного зондирования:

1) установка для бокового дистанционного зондирования на участке улично-дорожной сети, в которой источник излучения и датчик находятся на одной стороне дороги, а отражающее зеркало — на другой; также в комплект аппаратуры входят датчик скорости и ускорения, видеокамера и считыватель номерных знаков, процессор для обработки данных и изображений;

2) схема вертикальной (нисходящей) системы дистанционного зондирования на основе прибора EDAR, разработанного компанией HEAT (Hager Environmental and Atmospheric Technologies) [17].

Выбросы всех транспортных средств, проходящих через контрольное сечение, измеряются оборудованием дистанционного зондирования. Ограничения на выбросы для транспортных средств задаются предельными уровнями для таких веществ, как CH, CO и NO_x. Они зависят от типа транспортного средства и года его выпуска (см., например, табл. 1, где приведены предельные значения выбросов, используемые при дистанционном зондировании в Сеуле, Южная Корея). В Южной Корее в случае, когда выбросы транспортного средства превышают эти пределы, определяемые как трехкратное превышение норм, применяемых во время периодического технического осмотра АТС, оно классифицируется как источник высоких выбросов, и владельцу отправляется уведомление с предложением проверить его транспортное средство. Если замечено, что одно и то же транспортное средство во второй раз за год превышает предельные значения выбросов при дистанционном контроле, владелец получает предписание о проведении ремонтных работ. Владелец обязан прекратить использование транспортного средства и отремонтировать его в специально отведенном месте для осмотра и технического обслуживания автомобилей в течение 15 дней с даты получения предписания; в противном случае владелец подвергается штрафу.

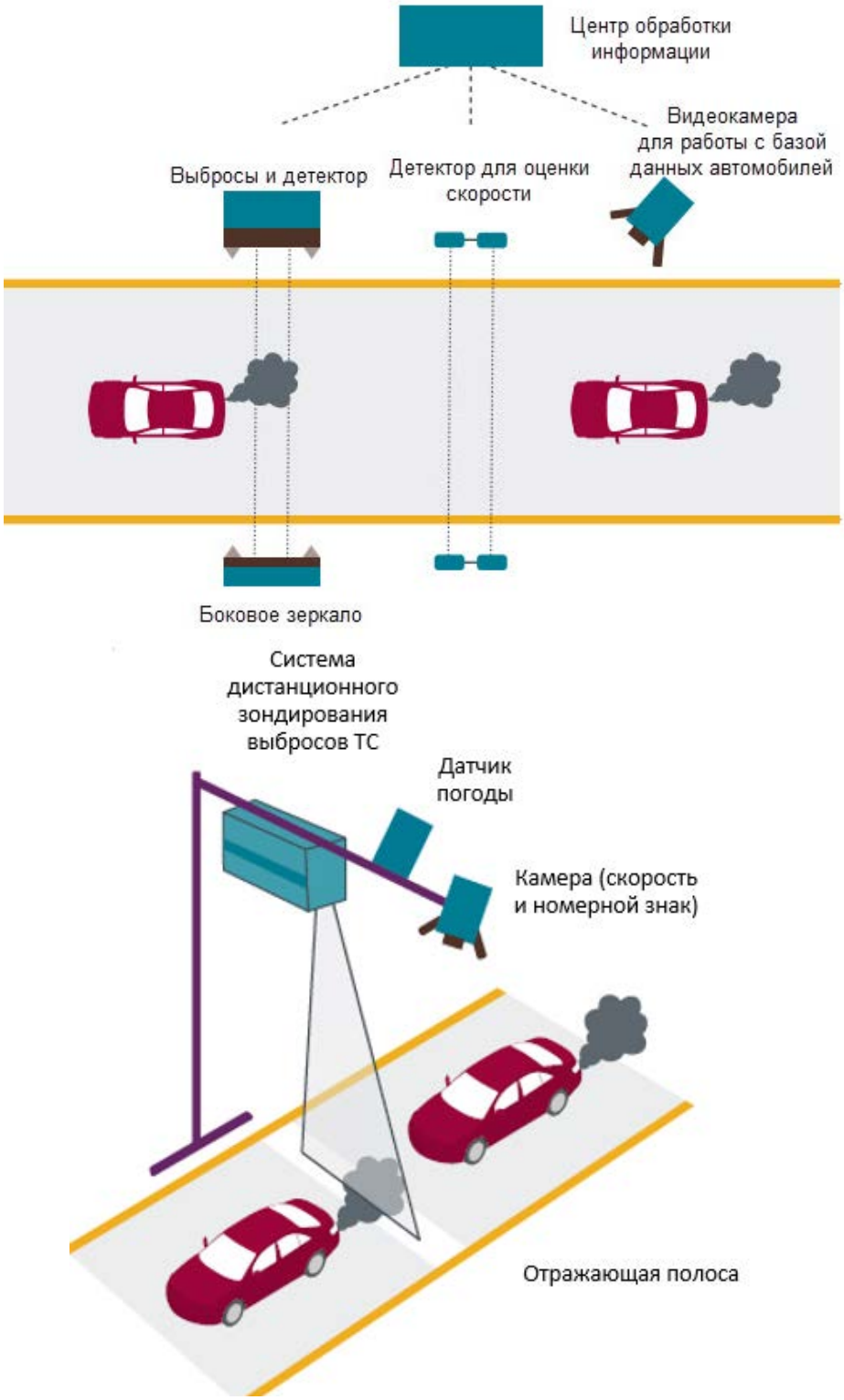


Рис. 1. Пример работы разных схем дистанционного зондирования [17]

Таблица 1

Предельные значения выбросов при дистанционном зондировании [11]

Год выпуска	Вес, кг	Бензин			СНГ, СПГ		
		CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm	CO, %	CH, ppm	NO_x, ppm
Легковые автомобили (объем двигателя < 1000 см^3)							
До 31 декабря 1997 г.	—	12,60	3,270	6,330	16,38	4,230	7,590
С 1 января 1998 г. по 31 декабря 2000 г.	—	7,20	1,170	5,400	9,36	1,500	6,480
С 1 января 2001 г. по 31 декабря 2003 г.	—	3,60	630	4,920	4,68	810	5,880
1 января 2004 г. и новее	—	3,00	540	3,720	3,90	690	4,470
Легковые автомобили (объем двигателя ≥ 1000 см^3)							
С 1 января 1988 г. по 31 декабря 1997 г.	До 1000	5,49	630	5,400	7,14	819	6,480
	1000...1200	4,41	510	4,320	5,73	663	5,184
	1200...1400	3,63	420	3,570	4,71	546	4,284
	1400...1600	3,24	390	3,150	4,20	507	3,780
	1600...1800	2,82	360	2,760	3,66	468	3,312
	1800...2000	2,61	330	2,520	3,39	429	3,024
	2000 и выше	2,37	300	2,280	3,09	390	2,736
С 1 января 1998 г. по 30 декабря 2000 г.	До 1000	3,00	540	4,200	3,90	702	5,040
	1000...1200	2,43	450	3,360	3,15	585	4,032
	1200...1400	2,01	360	2,790	2,61	468	3,348
	1400...1600	1,80	330	2,460	2,34	429	2,952
	1600...1800	1,59	300	2,160	2,07	390	2,592
	1800...2000	1,47	270	1,980	1,92	351	2,376
	2000 и выше	1,35	240	1,800	1,77	312	2,160
С 1 января 2001 г. по 30 декабря 2005 г. (для СНГ: с 1 января 2001 г. по 31 декабря 2003 г.)	До 1000	2,31	420	3,300	3,00	540	3,960
	1000...1200	1,86	330	2,610	2,43	420	3,120
	1200...1400	1,56	300	2,160	2,04	360	2,580
	1400...1600	1,38	270	1,890	1,80	330	2,190
	1600...1800	1,23	240	1,650	1,59	300	1,920
	1800...2000	1,14	210	1,500	1,47	270	1,740
	2000 и выше	1,05	180	1,350	1,38	240	1,590
С 1 января 2006 г. и новее (для СНГ: 1 января 2004 г. и новее)	До 1000	2,31	420	3,090	3,00	540	3,720
	1000...1200	1,86	330	2,490	2,43	420	3,000
	1200...1400	1,56	300	2,070	2,04	390	2,490
	1400...1600	1,38	270	1,830	1,80	360	2,190
	1600...1800	1,23	240	1,590	1,59	300	1,920
	1800...2000	1,14	210	1,470	1,47	270	1,770
	2000 и выше	1,05	180	1,320	1,38	240	1,590

Современные стандартные приборы дистанционного зондирования могут определять выбросы монооксида (CO) и диоксида (CO_2) углерода, пропана, оксидов азота (NO, NO_2), а также непрозрачность (светонепроницаемость) отработавших газов в инфракрасном и ультрафиолетовом спектрах. Некото-

рые исследовательские приборы (например, FEAT) могут дополнительно измерять выбросы аммиака (NH_3) и диоксида серы (SO_2). Новый прибор EDAR использует для работы лазерный луч. Это позволяет определять указанные выше стандартные загрязняющие вещества с гораздо большей точностью. Кроме того, этот прибор может быть настроен для измерения различных специфических углеводородов, таких как метан (CH_4) и этилен (C_2H_4) [17]. Как правило, результаты измерения сопоставляются с измеренным приращением выбросов CO_2 или количеством потребляемого топлива, которое прямо пропорционально массовой доле углерода в бензине и дизельном топливе.

Фракции NO над NO_2 сильно различаются в зависимости от технологии нейтрализации и условий движения [17]. Их одновременное измерение необходимо для точного определения суммарных выбросов NO_x, и в частности в местах с проблемами качества воздуха по содержанию NO_2. Светонепроницаемость дает некоторую информацию о содержании сажи в выхлопных газах; это, однако, не эквивалентно измерениям массы или количества твердых частиц, как предписано при испытании при официальном утверждении типа АТС. Таким образом, устройство RS может одновременно измерять стандартный набор регулируемых загрязнителей воздуха. Сочетание ультрафиолетового и инфракрасного излучений можно использовать для отличия черного дыма от голубого или белого дыма (масло или охлаждающая жидкость).

Транспортные средства, охватываемые мониторингом систем RS

Использование методов дистанционного зондирования не ограничивается определенной категорией транспортных средств. Единственное требование заключается в том, чтобы луч измерительного прибора пересекал шлейф выхлопных газов автомобилей. По практическим соображениям ранее измерениям подвергались в основном транспортные средства с горизонтальным расположением выхлопной трубы. В связи с этим в большинстве стран наиболее тщательно обследовались автомобили малой грузоподъемности. Тем не менее были также проведены измерения выбросов для тяжелых грузовиков и автобусов, мотоциклов и моторикш. Кроме того, измерения выбросов загрязняющих веществ с использованием специально настроенной оптической системы были проведены для снегоходов, самолетов, судов, локомотивов и внедорожной техники [17].

Для нового прибора EDAR точная геометрия расположения выхлопной трубы не имеет значения, поскольку его луч охватывает всю ширину проезжей части дороги. Прибор может захватывать выхлопной шлейф автомобиля целиком, в значительной степени независимо от точного расположения выхлопной трубы. Таким образом, при одинаковой конфигурации он в принципе может измерять выбросы как от легких, так и от тяжелых автотранспортных средств, а также от мотоциклов. Прибор EDAR отображает источник выбросов загрязняющих веществ в виде 2D-изображения.

Техническая информация, собираемая о транспортном средстве

В системе RS фиксируются номерные знаки проходящих транспортных средств, что позволяет осуществлять доступ к регистрационным данным для получения информации о самом транспортном средстве, например о его экологическом классе или модельном годе, мощности двигателя, массе, последнем пройденном техническом осмотре и т. д., а также дает возможность связаться с владельцем в случае выявления высокого уровня выбросов.

Характеристики участка дороги и режимов движения для измерения выбросов методом RS

Конечно, довольно сложно оценивать выбросы отдельного транспортного средства с помощью всего нескольких мгновенных измерений при прохождении им сечения дороги. Поэтому очень важно правильно определить условия проведения таких измерений, понимая при этом, что выделение из транспортного потока автомобилей «крупных загрязнителей» носит предварительный характер и окончательное заключение об их экологических характеристиках получают при проверке выделенного автомобиля на станции техосмотра по стандартным испытательным процедурам. Выбор местоположения участка для измерений при дистанционном зондировании определяет диапазон наблюдаемых условий движения и, следовательно, наблюдаемый диапазон уровней выбросов в зависимости от нагрузок на двигатели. Предыдущие исследования с использованием дистанционного зондирования показали, что условия вождения меняются очень сильно даже в одном и том же месте измерения. Поэтому даже отдельные выбранные участки обычно охватывают широкий диапазон возможных нагрузок на двигатель автомобиля, так что средний уровень выбросов основан на рассмотрении широкого рабочего диапазона нагрузок. Часто рекомендуется проводить измерения на нескольких участках, чтобы охватить более широкий диапазон условий движения и обеспечить более широкий охват автопарка в исследуемом районе.

Идентификация автомобилей с высокими выбросами («крупных загрязнителей»)

Выбросы всех транспортных средств, проходящих через контрольное сечение, измеряются оборудованием дистанционного зондирования. Однако для выявления автомобилей с очень высоким уровнем выбросов необходимо установить для них предельные (пороговые) уровни этих выбросов по каждому измеряемому веществу. Такие пороговые уровни (ограничения) устанавливаются по таким веществам, как CH, CO и NO_x, и они зависят от типа транспортного средства и его года выпуска. Следует устанавливать предельно допустимые уровни выбросов, надежно превышающие их обычные уровни от нормально работающих транспортных средств. Эти предельные уровни могут быть установлены в соответствии с действующими стандартами или на основе предварительных измерений, например по результатам технических осмотров, измерений PEMS (измерения выбросов на автомобиле-лаборатории, движущимся в транспортном потоке) или испытаний на динамометрическом стенде. Они могут быть получены также на основе данных самого дистанционного зондирования за определенный период. Например, для идентификации источников высоких выбросов в северной части Центрального Техаса (США) [13] предельные уровни допустимых выбросов были получены на основе нормативов действующих стандартов, используемых при обязательной проверке выбросов автомобилей на холостом ходу, а также по средним результатам проверки по ASM-тесту (метод моделирования ускорения на стенде). Предельные уровни обычно устанавливаются кратными от 1,5 до 2,5 раз по отношению к требованиям соответствующих стандартов (см., например, табл. 1).

Необходимо подчеркнуть, что, хотя нормативная база имеет решающее значение для любых правоприменительных действий, дистанционное зондирование (RS) должно являться частью юридически предписанных (обязатель-

ных) методов регулирования работы автомобильного парка. Без этого RS является только инструментом мониторинга, даже если транспортные средства обнаружены с выбросами, значительно превышающими существующие эксплуатационные нормы.

Выявление и устранение неисправностей двигателя

Часто владельцы транспортных средств и станции технического обслуживания при обслуживании автомобилей сосредоточиваются на неисправностях, которые влияют на безопасность движения, управляемость и расход топлива. Однако им не хватает знаний или интереса к устранению неисправностей, влияющих на выбросы автомобиля. Это связано с тем, что такие неисправности, как правило, не влияют на безопасность движения или управляемость автомобиля, а иногда могут даже улучшить показатели мощности и (или) расхода топлива (например, при удалении некоторых устройств нейтрализации выхлопных газов).

Кроме того, большинство неисправностей, связанных с выбросами, не видно визуально, за исключением случаев явного «дымления» двигателя, которые редки для современных транспортных средств, что затрудняет их обнаружение владельцами и автомеханиками без наличия специального оборудования для проверки выбросов.

Поэтому необходимо понимать, какие неисправности двигателя оказывают наибольшее влияние на каждый загрязнитель, для того чтобы можно было определить возможные неисправные узлы и агрегаты и отремонтировать их при выявлении транспортного средства с высоким уровнем выбросов методом дистанционного зондирования.

В табл. 2 в качестве примера приведены данные о влиянии различных неисправностей двигателя на выбросы и расход топлива автомобиля-такси уровня Евро-2, работающего на СНГ, полученные при исследованиях на динамометрическом стенде, проведенных в 2014 г. в Гонконге. Положительные и отрицательные проценты указывают на увеличение и сокращение выбросов по сравнению с базовым испытанием (т. е. когда все компоненты двигателя функционируют должным образом после тщательного технического обслуживания) соответственно.

Приведенные данные показывают, что некоторые неисправности двигателя могут значительно увеличить выбросы загрязняющих веществ, что показывает важность надлежащего обслуживания двигателя для достижения оптимального расхода топлива и соблюдения стандартов на выбросы.

Результаты

Зарубежный опыт показывает, что источниками высоких выбросов является 2…6 % автомобильного парка. Однако в принципе без большого количества наблюдений и, следовательно, надежной статистики нельзя точно сделать вывод о конкретном вкладе транспортных средств с высоким уровнем выбросов в общий объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. Ясно только, что этот вклад должен быть непропорционально высоким. Более точное представление об этой доле можно получить из инспекционных проверок, проводимых в процессе эксплуатации автотранспортных средств (техосмотры): например, в Колорадо (США) 6 % легких коммерческих автомобилей не прошли тест IM240; их ремонт позволил бы сократить выбросы NO_x, CO и HC на дорогах на 8, 23 и 24 % соответственно [17].

Таблица 2

Показатели выбросов и расхода топлива при различных неисправностях двигателя [6]

Системы	Неисправные компоненты	CH, %	CO, %	NO, %	Расход топлива, %
Впускная система	Дроссельная заслонка с корпусом дроссельной заслонки	31	218	–40	16
	Клапан управления смесью в корпусе дроссельной заслонки	168	782	–86	3
	Регулирующий клапан холостого хода корпуса дроссельной заслонки	–28	–51	151	11
Топливная система	Испаритель (обогащенный)	17	276	–5	5
	Испаритель (обедненный)	–32	–38	–41	5
	Магистральный трубопровод подачи топлива	49	–5	352	8
	Линия подачи топлива на холостом ходу	30	294	–6	6
	Электромагнитный клапан отключения подачи топлива	–39	–43	–50	10
Система зажигания	Свеча зажигания	0	60	–40	6
	Крышка распределителя и ротор	–13	–29	–20	6
	Окислительный нейтрализатор	131	211	178	7
Выхлопная система	Датчик кислорода (0,1 В)	249	150	33	11
	Датчик кислорода (0,9 В)	317	410	61	9
	Клапан рециркуляции отработавших газов (открыт)	169	34	3	11
	Клапан рециркуляции отработавших газов (закрыт)	–45	–39	72	5
	Базовый тест (все компоненты функционируют должным образом)	0,15 г/км	0,61 г/км	0,26 г/км	11,01 л/100 км

Обсуждение и заключение. Как данная система может работать в России?

Описанные решения могут быть в полной мере реализованы в условиях Российской Федерации с использованием отечественной приборной базы. Возможна следующая схема построения системы:

- выбросы всех транспортных средств, проходящих через контрольные сечения, измеряются оборудованием дистанционного зондирования;
- данные измерений по номерному знаку сопоставляются с данными о конкретном автомобиле (его экологический класс, год регистрации, владелец, пробег) и используются для идентификации транспортных средств с высоким уровнем выбросов;
- формируется электронная база данных о выбросах конкретных автотранспортных средств по результатам мониторинга, проверок и ежегодного технического осмотра (в тех случаях, когда он проводится).

Подобная система мониторинга экологических характеристик, эксплуатируемых АТС (рис. 2), носит двухэтапный характер: на первом этапе выявляются автомобили с высокими выбросами загрязняющих веществ, кратно превышающими допустимые для данного экологического класса автомобилей; на втором этапе эти автомобили приглашаются на проверку их экологических характеристик в ближайший к месту их выявления (или регистрации автомобиля) пункт технического осмотра автомобилей. Соответственно, внедрение подобной системы в России потребует внесения изменений и дополнений в действующую законодательную и нормативную правовую базу для осуществления правоприменительных действий.

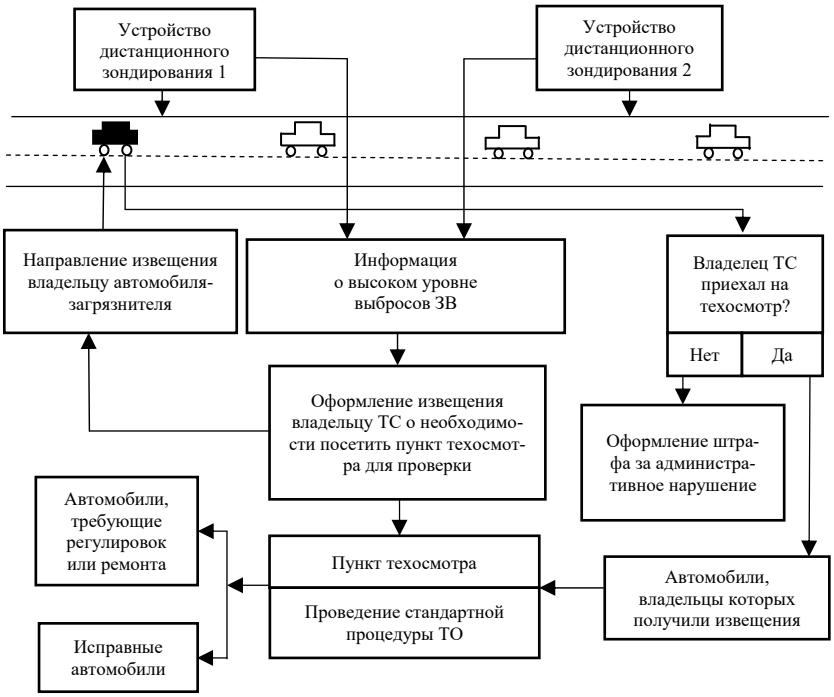


Рис. 2. Блок-схема организации экологического контроля на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов автомобилей в Российской Федерации

В предлагаемой системе основные требования к участкам и режимам проведения дистанционного зондирования могут быть сформулированы следующим образом:

- предпочтительнее проводить замеры выбросов при движении автомобилей по одной полосе движения;
- при измерениях предпочтителен свободный режим движения транспортного потока, оптимальным было бы также устойчивое ускорение автомобилей (например, места, где транспортные средства ускоряются от знака остановки или от светофора);
- двигатель автомобиля должен работать под нагрузкой, поэтому желательно положительное ускорение (разгон) или небольшой положительный уклон дороги;
- следует по возможности обеспечить низкую вероятность нахождения в транспортном потоке автомобилей с непрогретым двигателем, чтобы исключить ложное выделение их как источников высоких выбросов;
- следует обеспечивать соотношения мощности двигателя к скорости, достаточные для четко распознаваемых выбросов выхлопных газов для большинства транспортных средств.

В рамках разработки предложений по внесению дополнений в действующие нормативные правовые акты следует в ст. 17 Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ включить дополнительный пункт следующего содержания: «4.1. Транспортные и иные передвижные средства, выбросы которых оказывают вредное воздействие на атмосферный воздух, подлежат проверке на основе использования дорожного дистанционного зондирования в целях уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в порядке, предусмотренном законодательством Российской Федерации в области организации дорожного движения».

Необходимы будут также изменения и дополнения в Федеральный закон «О техническом осмотре транспортных средств и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 01.07.2011 г. № 170-ФЗ в части порядка проведения выборочного контроля технического состояния автомобилей, выявляемых системой дистанционного зондирования, а также создания базы данных результатов техосмотра легковых автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Impacts and mitigation of excess diesel-related NOx emissions in 11 major vehicle markets / S. C. Anenberg, J. Miller, R. Minjares et al. // Nature. 2017. Vol. 545. Pp. 467—471.

2. *Anenberg S., Miller J., Henze D., Minjares R.* A global snapshot of the air pollution-related health impacts of transportation sector emissions in 2010 and 2015 // The International Council on Clean Transportation. 2019. URL: https://theicct.org/publication/a-global-snapshot-of-the-air-pollution-related-health-impacts-of-transportation-sector-emissions-in-2010-and-2015.

3. A big data approach to improving the vehicle emission inventory in China / F. Deng, Z. Lu, L. Qi, X. Wang, M. Shi, H. Liu // Nature Communications. 2020. Vol. 11. Pp. 1—13.

4. Air quality and the number of urgent interventions / A. Cvitkovic, A. Barisin, K. Capak et al. // International Journal of Environmental Impacts. 2018. Vol. 1. Iss. 2. Pp. 162—171.

5. *Ribeiro C. B., Cavalcante Rodella F. H., Hoinaski L.* Regulating light-duty vehicle emissions: an overview of US, EU, China and Brazil programs and its effect on air quality // Clean Technologies and Environmental Policy. 2022. Vol. 24. Pp. 851—862.

6. Rapid detection of high-emitting vehicles by on-road remote sensing technology improves urban air quality / Y. Huang, C. K. C. Lee, Y.-S. Yam et al. // Science Advances. 2022. Vol. 8(5). Pp. 1—10.

7. Evaluating real-world emissions of light-duty gasoline vehicles with deactivated three-way catalyst converters / X. Zheng, Y. Wu, S. Zhang, L. He, J. Hao // Atmospheric Pollution Research. 2018. Vol. 9. Iss. 1. Pp. 126—132.

8. Exhaust emission factors of greenhouse gases (GHGs) from European road vehicles / M. Clairotte, R. Suarez-Bertoa, A. A. Zardini et al. // Environmental Sciences Europe. 2020. Vol. 32. Iss. 1. Pp. 1—20.

9. On-road emission measurements of reactive nitrogen compounds from heavy-duty diesel trucks in China / L. He, S. Zhang, J. Hu et al. // Environmental Pollution. 2020. Vol. 262. P. 114280.

10. *Bishop G. A., Stedman D. H., Burgard D. A., Atkinson O.* High-mileage light-duty fleet vehicle emissions: their potentially overlooked importance // Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 50. Pp. 5405—5411.

11. Remote sensing of motor vehicle emissions in Seoul / L. Yang, R. Wu, Y. Bernard et al. // International Council on Clean Transportation. 2022. URL: https://theicct.org/publication/true-seoul-remote-sensing-feb22.

12. *Sjodin A., Jerksjo M.* Evaluation of European road transport emission models against on-road emission data as measured by optical remote sensing // Environmental Science. 2008. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-European-road-transport-emission-data-Sjodin-Jerksjo/22a6ed0b60619926d3734e939da96625d3b7bfba.

13. *Carslaw D., Rhys-Tyler G. A.* Remote Sensing of NO_2 exhaust emissions from road vehicles // Environmental Science. 2013. URL: https://ukair.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat05/1307161149_130715_DefraRemoteSensingReport_Final.pdf.

14. *Smit R., Bluett J.* A new method to compare vehicle emissions measured by remote sensing and laboratory testing: high-emitters and potential implications for emission inventories // The Science of the Total Environment. 2011. Vol. 409. Pp. 2626—2634.

15. Remote sensing of on-road vehicle emissions: Mechanism, applications and a case study from Hong Kong / Y. Huang, B. Organ, J. L. Zhou et al. // Atmospheric Environment. 2018. Vol. 182. Pp. 58—74.

16. *Li Z., Kang Y., Lu W., Zhao Y.* Remote sensing and artificial neural network estimation of on-road vehicle emissions // 2016 International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM). DOI: 10.1109/ICARM.2016.7606982.

17. *Borken-Kleefeld J., Dallmann T.* Remote sensing of motor vehicle exhaust emissions // International Council on Clean Transportation. 2018. URL: https://www.researchgate.net/publication/323019832_remote_sensing_of_motor_vehicle_exhaust_emissions.

© Донченко В. В., Чижова В. С., Недре А. Ю., Азаров В. Н., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Донченко В. В., Чижова В. С., Недре А. Ю., Азаров В. Н. Организация экологического контроля на автомобильном транспорте на основе использования средств дистанционного зондирования выбросов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 241—254.

Об авторах:

Донченко Вадим Валерианович — канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зав. базовой кафедрой устойчивого городского транспорта, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); научный руководитель ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта». Российская Федерация, 125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24; donchenko@niiat.ru; Scopus Author ID: 57191583335

Чижова Вера Сергеевна — канд. техн. наук, старший преподаватель, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); ведущий научный сотрудник ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта». Российская Федерация,

125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24; mavese@rambler.ru; Scopus Author ID: 5721026235

Недре Андрей Юрьевич — канд. техн. наук, зам. дир. по научной работе, зам. председателя ученого совета, ВНИИ «Экология». Российская Федерация, 117628, г. Москва, 36 км МКАД, двлд. 1, стр. 4; ereception@vniiecology.ru

Азаров Валерий Николаевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ptb2006@mail.ru

Vadim V. Donchenko[a, b], Vera S. Chizhova[a, b], Andrey Yu. Nedre[c], Valerii N. Azarov[d]

[a] Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

[b] Scientific and Research Institute of Motor Transport

[c] All-Russian Research Institute for Environmental Protection

[d] Volgograd State Technical University

ORGANIZATION OF ENVIRONMENTAL CONTROL IN ROAD TRANSPORT BASED ON THE USE OF REMOTE SENSING OF EMISSIONS

The main source of atmospheric air pollution in cities is road transport. The analysis of the world and domestic experience of remote sensing of vehicle emissions of pollutants into the atmospheric air is given. The main directions in the foreign practice of using remote sensing of emissions of pollutants from road transport are presented. The description of the method of remote sensing of emissions of pollutants into the atmospheric air and the corresponding devices is given. As a result of the analysis, the prospects of using methods and means of environmental control of road transport based on the use of remote sensing of emissions are evaluated. A procedure for environmental control of road transport based on the use of remote sensing of emissions in the Russian Federation is proposed. Proposals have been developed to amend the current regulatory legal acts of the Russian Federation.

K e y w o r d s: road transport, atmospheric air pollution, remote sensing of pollutant emissions, environmental impact assessment.

For citation:

Donchenko V. V., Chizhova V. S., Nedre A. Yu., Azarov V. N. [Organization of environmental control in road transport based on the use of remote sensing of emissions]. *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], 2022, iss. 3, pp. 241—254.

About authors:

Vadim V. Donchenko — Candidate of Engineering Sciences, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI); scientific supervisor, NIIAT, 24, Geroyev Panfilovtsev st., 125480, Moscow, Russian Federation; donchenko@niiat.ru

Vera S. Chizhova — Candidate of Engineering Sciences, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI); leading researcher, NIIAT. 24, Geroyev Panfilovtsev st., 125480, Moscow, Russia; mavese@rambler.ru

Andrey Yu. Nedre — Candidate of Engineering Sciences, Deputy Director for Scientific Work, All-Russian Research Institute for Environmental Protection. Bld. 4, 36 km MKAD, Moscow, 117628, Russian Federation; reception@vniiecology.ru

Valerii N. Azarov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ptb2006@mail.ru

УДК 502 504.5:628.511.1.69

С. А. Кошкарев, К. С. Кошкарев

Волгоградский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ ПРИ СНИЖЕНИИ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ И ОТХОДОВ ОТ СИСТЕМ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ С ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯМИ ФИЛЬТРУЮЩЕ-ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА

Статья посвящена вопросу повышения экологической безопасности стройиндустрии посредством снижения проскока пыли в системах обеспыливания с пылеуловителями фильтрующе-псевдоожиженного слоя дисперсного материала при снижении твердых отходов. Приведены экспериментально полученные зависимости для степени проскока частиц пыли в предложенном пылеулавливающем устройстве на промышленной установке. Результаты исследования показали, что предложенные устройства очистки выбросов аспирации в фильтрующе-псевдоожиженном слое сыпучего материала обеспечивают значительное снижение выбросов пыли в атмосферу при уменьшении твердых отходов в производстве керамзита и строительных материалов.

Ключевые слова: пыль, пылеулавливание, псевдоожиженный слой, стройматериал, проскок, экологическая безопасность, выброс, атмосфера, система, обеспыливание, аспирация.

В последние годы уверенно растет объем производства строительных материалов — цемента, керамзитов, щебня и др., которые являются основой заполняющих компонентов бетонов. Рост объема производства цемента в России составляет в среднем около 8…10 % в год[1]. Так, объем производства цементов (портландцемента, цемента глиноземистого, цемента шлакового и гидравлического) увеличился примерно на 7 % и составил 59,9 млн т в 2021 г. Объем производства бетона (товарный бетон, готовый для заливки) составляет 40,8 млн м^3, что соответствует росту на 19,4 % по сравнению с 2020 г. Объем производства строительных изделий для зданий и сооружений из цемента и бетона составил 23,8 млн м^3, что соответствует росту 5,6 % по сравнению с 2020 г.

Керамзиты различного фракционного состава применяют для производства легких бетонов, которые имеют эффективные теплоизоляционные свойства. Применение таких материалов с искусственно получаемыми заполнителями керамзитами для строительства снижает теплопотери зданий и сооружений. Среднегодовой объем производства керамзитового гравия и песка составляет в России около 2,76…3,44 млн м^3/г.[2]. Увеличение производимых искусственных пористых заполнителей в среднем зависит от объемов выпуска как бетона, так и цемента. Наибольший объем производства керамзита в натуральном выражении в 2020 г был сосредоточен в Центральном ФО — 40,3 % от всего объема, в Уральском ФО производства керамзита составило 17,3 %. В ЮФО, Волгоградской области имеются значительные запасы глины

[1] О промышленном производстве в 2021 году. URL: rosstat.gov.ru/storage/mediabank/12_02-02-2022.html.

[2] Керамзитовые заводы в России и объемы производства. URL: gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/proizvodstvo-keramzita/keramzitovye-zavody-v-rossii.

и другого сырья для производства керамзита и бетонов, что составляет около 12…13,9 % от общероссийского объема производства цемента[3]. В то же время импорт керамзита, в основном из Германии, составлял в натуральном выражении 1,961 млн м^3 в 2020 г. В настоящее время возможным решением пополнить недостающие объемы керамзита в связи с сокращением импорта является увеличение собственного производства в стране.

При ежегодном росте производства гранулированных (керамзит) и высокодисперсных (цемент) стройматериалов увеличиваются не только объемы пылевых выбросов в атмосферу. Улавливаемая системами аспирации пыль увеличивает количество твердых промышленных отходов производства пропорционально объему выпускаемой продукции. Ограниченный объем статьи не позволяет дать даже краткую характеристику особенностей весьма разнообразных технологий процессов производства компонентов керамзитобетонов (цементов и керамзита), которые широко представлены в литературе [1—3]. Одной из общих особенностей данных отраслей стройиндустрии является наличие мест перегрузки сыпучих материалов (транспортеры, силосы, загрузочные бункеры). Кроме того, имеющиеся специфичные и разнообразные в части процессов обработки сырья и их конструктивного оформления аппараты и машины являются источниками выделяющейся высокодисперсной твердой фазы — частиц пыли в воздух рабочей зоны цехов. Данные технологические устройства и аппараты (мельницы, дробилки-измельчители, грануляторы, сушилки различных видов и т. п.) должны быть оборудованы местными отсосами систем аспирации. В данные местные вытяжные вентсистемы поступает, в том числе от мест перегрузки сыпучих материалов, высокодисперсная пыль, которая улавливается системами обеспыливания в различных аппаратах и устройствах. Уловленная пыль является твердыми промышленными отходами производства, которые следует направлять либо в технологический процесс, либо на полигоны отходов. Остаточное количество пылевых частиц как «проскок» поступает с газовым потоком из пылеуловителей на источники выбросов в атмосферу [3—6].

Высокоэффективная работа пылеулавливающих устройств системы обеспыливания аспирации в значительной степени зависит от сочетания аэрогидродинамических режимов работы сепарирующих устройств, их конструктивного исполнения с учетом эквивалентных размеров улавливаемых частиц пыли [7—9].

В [9] была предложена и использована CFD полуэмпирическая расчетная k—ε-модель турбулентности на основе результатов экспериментальных исследований. В результате экспериментальных исследований пылеуловителей ВЗП на закрученных потоках движения частиц пыли были получены данные по величинам аэродинамических потерь давления и эффективности улавливания пыли при одновременном применении метода компьютерного моделирования CFD [10].

Для оптимизации и расчета аэродинамических и геометрических параметров циклонных сепараторов была использована модифицированная модель CFD Co-Kriging [13]. Разработанные на основе исследований конструкции циклонов имели большую эффективность улавливания пыли [11].

[3] Там же.

Исследования пылеулавливания в различных устройствах мокрой очистки на основе экспериментальных методов не утратили своей актуальности, например [12—15]. Результаты оценки эффективности аппарата мокрой очистки при обеспыливании выбросов печей обжига керамзита приведены в [12]. Результаты эксперимента по оценке проскока частиц твердой фазы в устройстве очистки с пенодинамическим слоем жидкого сорбента пылевых выбросов в опытно-промышленной установке системы аспирации стройиндустрии приведены в [13]. Экспериментальное определение оптимальных аэродинамических и геометрических параметров насадки в циклонном сепараторе новой конструкции было проведено в [14]. Результаты эксперимента по определению эффективности удаления частиц из вязких жидкостей гидроциклонами приведены в [15].

Существенным недостатком аппаратов мокрой очистки пылевых выбросов является образование определенного количества пульпы — шлама, являющегося промышленными отходами производства. Не всегда возможно направлять такие отходы в технологический процесс. Далеко не каждый полигон принимает отходы шламов с высокой влажностью (жидкие отходы). Такое решение должно быть экономически обосновано. При возможности отправлять шлам на полигоны промышленных отходов и ТКО (коммунальных отходов), в соответствии с нормативными требованиями, влажность отходов должна быть не более 85 % (с практической точки зрения менее 60 %). Это приводит к необходимости использования технологического процесса сушки. При этом возрастают затраты на установку и эксплуатацию сушилок. Кроме того, увеличиваются занимаемые производственные площади, возрастает энергопотребление и техногенная нагрузка на атмосферу. Отходящие запыленные газы от сушилок поступают в системы аспирации, которые необходимо оснащать по крайней мере двухступенчатыми системами обеспыливания (пылеуловителями). Это практически необходимо по причине высоких начальных концентраций пыли на входе в системы обеспыливания.

Эффективным способом улавливания пыли в выбросах аспирации является применение сухих механизмов сепарации. Наибольшее распространение получили инерционные и фильтрующие устройства. В качестве инерционных устройств перспективным является применение аппаратов на встречно закрученных потоках (ВЗП), например [16]. Другим способом очистки пыли пылегазовых выбросов аспирации является применение устройства фильтрующе-псевдоожиженного слоя дисперсного материала [17]. Применение таких устройств более предпочтительно в том случае, если смесь уловленной пыли и гранул фильтрующего слоя возможно возвращать в технологический процесс. Появление новых конструкций таких аппаратов лоткового типа прямоугольного поперечного сечения с фильтрующим слоем гранулированного материала требует их дальнейшего изучения и совершенствования.

Применение методов моделирования расчетной гидродинамики CFD в этих случаях оказывается весьма затруднительным, так как имеется значительное число изменяющихся параметров.

Для описания процесса непрерывного улавливания пыли из пылегазового потока систем аспирации в аппарате лоткового типа со взвешенно псевдоожиженным слоем дисперсного материала было предложено использовать при определенных условиях однопараметрическую модель квазидиффузионного механизма [18, 19]:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{D\partial c_m}{\partial x}\right)-\frac{\partial\left(wc_m\right)}{\partial x}=\frac{\partial c_m}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где c_m — относительная концентрация улавливаемых частиц в слое псевдоожиженно-фильтрующего дисперсного материала, $c_m = c_x / c_0$ (килограмм улавливаемой пыли на килограмм материала слоя); D — эффективный коэффициент квазидиффузионного перемешивания дисперсного материала в продольном направлении движения слоя в устройстве x, определяемый экспериментально, м^2/с.

Граничные условия первого и второго рода краевой задачи Коши для реального аппарата с линейной длиной пылеуловителя L были сформулированы Данквертсом. Отражая физическую суть процесса, они наиболее часто используются в практике для описания процессов в линейно-протяженных аппаратах-реакторах и имеют вид

$$wc_0 = wc_m\Big|_{x=0} - D\frac{dc_m}{dx}\Big|_{x=0}, \quad \frac{dc_m}{dx}\Big|_{x=L} = 0. \quad (2)$$

В процессе улавливания частиц в псевдоожиженно-фильтрующем слое происходит определенное изменение (как правило, уменьшение медианного размера объема частиц), что изменяет линейную скорость движения материала вдоль аппарата. Такими же изменениями скорости движения материала могут сопровождаться и другие эффекты, например агломерация, истирание и частичный унос материала. Для интегрального учета процесса при изменении линейной скорости движения материала использовалось аппроксимация

$$w = D\Lambda\left(V_0 + \int_0^x \left(\left(V_p\left(x\right) - V_{out}\left(x\right)\right)\right)dx\right), \quad (3)$$

где $V_p(x)$ — функциональная зависимость поступления материала в псевдоожиженный слой по длине аппарата; $V_{out}(x)$ — функциональная зависимость уноса — удаления частиц пыли и материала из слоя по длине аппарата.

Параметр Λ определяется в соответствии с выражением

$$\Lambda = \frac{(1-\varepsilon_c)}{(1-\varepsilon_н)BHD},$$

где $\varepsilon_н$ — начальная порозность псевдоожиженно-фильтрующего слоя материала (порозность периферийной плотной части слоя), $\varepsilon_н = 0{,}4$ [18]; ε_c — определяемое экспериментально среднее рабочее значение порозности псевдоожиженно-фильтрующего слоя, $\varepsilon_c = 0{,}42\ldots0{,}45$ [18]; V_0 — начальный объем гранул материала, подаваемого в псевдоожиженно-фильтрующий слой аппарата; B, H — ширина и высота псевдоожиженно-фильтрующего слоя соответственно, м.

Схема процессов возможной одновременной сушки и сепарации частиц пыли очищаемых пылегазовых поток в псевдоожиженно-фильтрующем слое материала (гранул) представлена на рис. 1.

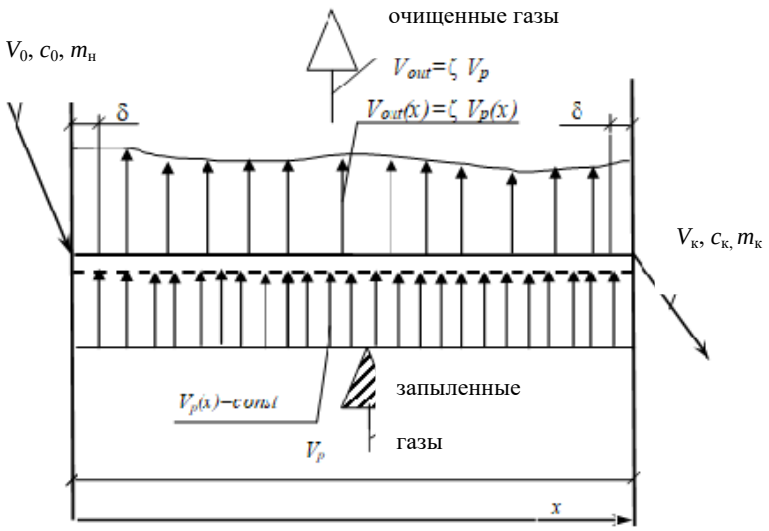


Рис. 1. Схема движения потоков гранулированного дисперсного материала и запыленных дымовых газов в продольном сечении лоткового аппарата с псевдоожиженно-фильтрующим слоем гранул

При применении однопараметрических квазидиффузионных моделей предполагается, что в каждом поперечном сечении слоя в ячейке-лотке устройства устанавливается режим идеального перемешивания.

При возможном одновременном осуществлении процессов пылеулавливания и обработки материала (сушки) в устройстве с ячейками-лотками требует учета изменение объема слоя за счет равномерно распределенных по длине устройства поступающих частиц пыли и (или) подаваемых гранул материала, движущегося вдоль линейной координаты x (см. рис. 1), и описываемых функцией $V_p(x)$. При этом имеет место равномерно распределенный унос частиц из слоя, а также при возможном уносе — удаление частиц из фильтрующего псевдоожиженного слоя, который движется по длине устройства, описываемых функцией $V_{out}(x)$, что учтено в соотношении (3). Уравнение описания процессов пылеулавливания и обработки материала в ячейках-лотках устройства имеет вид

$$\frac{\partial^2 c_m}{\partial x^2} - \frac{(1-\varepsilon_c)}{(1-\varepsilon_н)BHD}\left[\left[V_0 + \int_0^x (V_p(x) - V_{out}(x))dx\right]\right]\left(\frac{\partial c_m}{\partial x}\right) - \\ -V_p(x)\left[c_{m0} - c_m\right] = \frac{1}{D}\frac{\partial c_m}{\partial \tau}. \quad (4)$$

Если принять в первом приближении равномерным как поступление частиц пыли в слой за счет улавливания $V_п(x)$ = const $=V_п$, так и унос частиц из слоя $V_у(x)$ = const = $V_у$, связанных между собой коэффициентом пылеулавливания η или коэффициентом проскока ζ, то

$$V_у = (1 - \eta)V_п = \zeta V_п, \quad (5)$$

где ζ — коэффициент проскока.

Для упрощения практического использования принимаем величину квазикинетического параметра скорости пылеулавливания линейно убывающей функции по длине устройства L: $(d c_m / d\tau) = -k c_m$. В этом случае решение уравнения (5) с условиями (2) и выражением (3) имеет вид

$$c_m(x) = \exp\left(t/2\right)^2 \left[\left(C_1 U(A,t) + C_2 V(A,t)\right)\right] + \frac{1-\overline{c}_{m_0}}{1+\left(k/\Lambda D V_0\right)}, \tag{6}$$

где $U(A, t)$, $V(A, t)$ — функции Уитеккера;

$$\Lambda = \frac{(1-\varepsilon_р)}{(1-\varepsilon_п)BHD}; \quad A = \frac{V_п + \left(k/\Lambda D\right)}{V_п - V_у} - \frac{1}{2};$$

$$t = \Lambda\sqrt{\Lambda\left(V_п - V_у\right)}\left[V_п + \left(V_п - V_у\right)x\right]. \tag{7}$$

Если ввести обозначения

$$z_1 = V_п\sqrt{\left(V_п - V_у\right)}, \quad z_2 = \left(V_п + \left(V_п - V_у\right)\right)x\sqrt{\left(V_п - V_у\right)}, \tag{8}$$

константы C_1 и C_2 будут иметь вид

$$C_1 = \left(B -_0\right) \exp\left(\frac{z_1}{2}\right)^2 \left[U\left(A,\, z_1\right)\right] - \frac{\left(A+1/2\right)V\left(A+1,\, z_2\right)}{U\left(A+1,\, z_2\right)} -$$

$$-\frac{D}{w_0}\left[\left(A+1/2\right)V\left(A+1,\, z_1\right) - \frac{\left(A+1/2\right)V\left(A+1,\, z_2\right)U\left(A+1,\, z_1\right)}{U\left(A+1,\, z_2\right)}\right]^{-1}. \tag{9}$$

При начальном объемном расходе гранул материала слоя V_0

$$B = -\frac{\left(1-m_0\right)}{1+\left(k/V_п D\right)}, \quad w_0 = \frac{V_0\left(1-V_н\right)}{\left(1-V_р\right)BH}, \tag{10}$$

где w_0 — начальная линейная скорость материала слоя (на входе в аппарат), м/с.

Если принять квазикинетику параметра скорости пылеулавливания постоянной N = const, то решение уравнения (4) аналогично виду выражения (6) с некоторыми структурными отличиями в параметрических индексах A и t.

Формула (6) описывает распределение относительной (безразмерной) концентрации материала по длине аппарата L. Более точное значение средней безразмерной массовой концентрации уловленной пыли в материале слоя c_m, выгружаемого из аппарата, определяется по формуле

$$c_m = \frac{1}{Vk + \int_0^L (Vn - Vy)dx}\left[c_{mk}\Big|_{x=L} V_к + \int_0^L \left(V_п - V_у\right)c_m(x)dx\right]. \tag{11}$$

При этом значения квазадиффузии D, характеризуемые коэффициентом продольного перемешивания в направлении движения слоя гранулированного

материала $x - D$, определяются экспериментально по известным методикам. Величина коэффициента D определяется гидромеханическими параметрами слоя и аэродинамическими режимами псевдоожижения при вбрасывании меченых частиц материала и последующей фиксации функций «вымывания» из устройства-пылеуловителя [17].

Для определения значения коэффициента D, характеризующего перемешивание материала при движении в лотках устройства [17], составлявшего основной элемент экспериментальной установки, использовалась известная методика, описание которой имеется в литературе, например в [19]. Коэффициент продольного перемешивания D дисперсного слоя определялся из соотношения критерия Пекле

$$\mathrm{Pe} = wL / D, \tag{12}$$

где w — линейная скорость движения материала в слое в устройстве, м/с.

Количество частиц трассера в пробах материала определялось счетным методом. Плотность распределения концентрации частиц трассера в i-пробе $C_i - \rho(C_i)$ находилась как отношение числа частиц N_i в i-пробе к произведению общего числа частиц во введенном импульсе N_0 к фиксируемому интервалу времени отбора данного количества частиц пробы $\Delta\tau_i$:

$$\rho(C_i) = N_i / (N_0 \Delta\tau_i). \tag{13}$$

Среднее время пребывания материала $\tau_{ср}$ в устройстве [17] установки определялось экспериментально, графическое изображение результатов приведено на рис. 2.

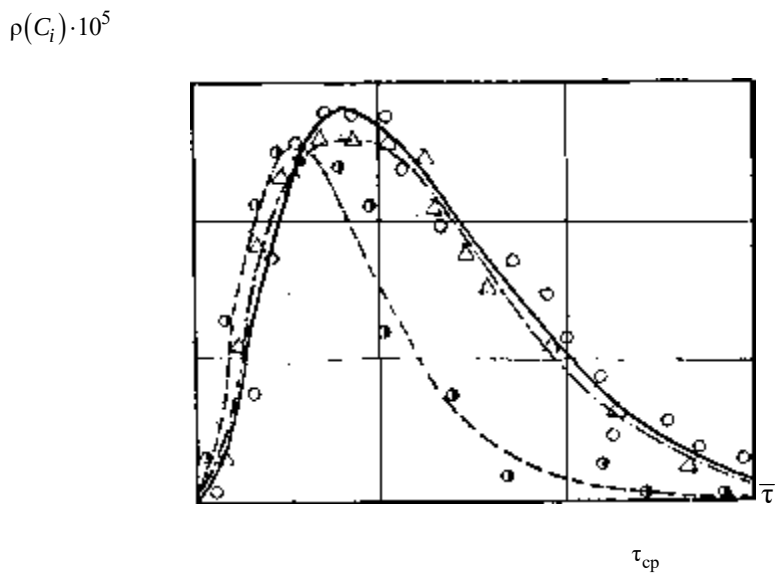


Рис. 2. Изменение концентрации трассера в зависимости от среднего времени пребывания частиц слоя $\tau_{ср}$ в устройстве установки в характерных гидродинамических режимах

Определение величины коэффициента продольного перемешивания D дисперсного слоя в рабочей области гидродинамических режимов, расчет величины критерия Pe проводились по зависимости (12). При обработке результатов эксперимента по определению гидромеханических параметров слоя величины критерия Pe использовалось соотношение

$$\frac{1}{\mathrm{Pe}} = \left(1 \pm \sqrt{1+3\sigma}\right)/3, \tag{14}$$

где $\sigma^2 = \alpha_2^2 - \alpha_1^2$, α_1 и α_2 — моменты первого и второго порядка для функций «вымывания» частиц трассера

$$\alpha_1 = \sum\left(\tau_i \rho\left(C_i\right)\right)/\rho\left(C_i\right), \quad \alpha_2 = \sum\left(\tau_i^2 \rho\left(C_i\right)\right)/\rho\left(C_i\right). \tag{15}$$

Изложенные выше модельные представления описания улавливания пыли в лотках с фильтрующе-псевдоожиженным слоем движущегося материала в устройствах с прямоугольной формой поперечного сечения достаточно сложны для практического использования. При этом требуются экспериментальные исследования квазикинетики улавливания пыли в квазидифференциальном фильтрующем слое материала и определение гидромеханических характеристик аппарата.

Для упрощения практического применения устройств предложенных конструкций [17] были проведены эксперименты по оценке степени проскока пылевых частиц при предпочтительном соотношении длины лотка-ячейки $L_у$ и ширины лотка-ячейки $B_л$ ($L_у / B_л \geq 4\ldots5$). Эксперимент проводился в условиях промышленного производства стройматериалов на устройстве [17], которое было установлено в системе аспирации. Геометрический размер длины лотка-ячейки $L_у = 1$ м, ширина лотка-ячейки составляла 200 мм. Раздающий, очищаемый от пыли пылегазовый поток (дымовые газы) распределялся по поперечному сечению устройства ячеечным элементом, состоящим из металлического профиля — уголков, направляющие которых образовывали поверхность призмы.

Поддержание постоянной высоты фильтрующе-псевдоожиженного слоя дисперсного материала в ячейке аппарата осуществлялось системой подачи и выгрузки гранул дисперсного материала регуляторами-питателями и вертикальным регулятором-стенкой. Стабилизация и поддержание постоянного уровня фильтрующего слоя материала в устройстве определялись высотой регулятора-стенки и визуально фиксировались через лючки наблюдения. Расход очищаемой пылегазовой смеси регулировался с помощью регулятора расхода (шибером).

При проведении экспериментальных исследований замеры проводились по принятым стандартным методикам в соответствии с требованиями существующей нормативной документации.

Для определения величины проскока выполнялись замеры концентраций пыли в потоках на входе и выходе из пылеулавливающего устройства. В контрольных точках сечений воздуховодов проводились измерения запыленности с использованием комплекта стандартного пылезаборного оборудования НИИОГАЗ.

Концентрация твердой фазы на входе в систему установки улавливания пыли в лотковом устройстве с фильтрующе-псевдоожиженным слоем движущегося материала достаточно обеспечивалась задаваемыми временем отрезками загрузки, с измерением и фиксацией по секундомеру и расчетной массой загрузки исходного гранулообразного дисперсного материала (песка и гравия керамзита) с учетом производительности — подачи питателя.

Схема стенда промышленной установки улавливания пыли в лотковом устройстве с фильтрующе-псевдоожиженным слоем движущегося материала, на которой проводились исследования, показана на рис. 3.

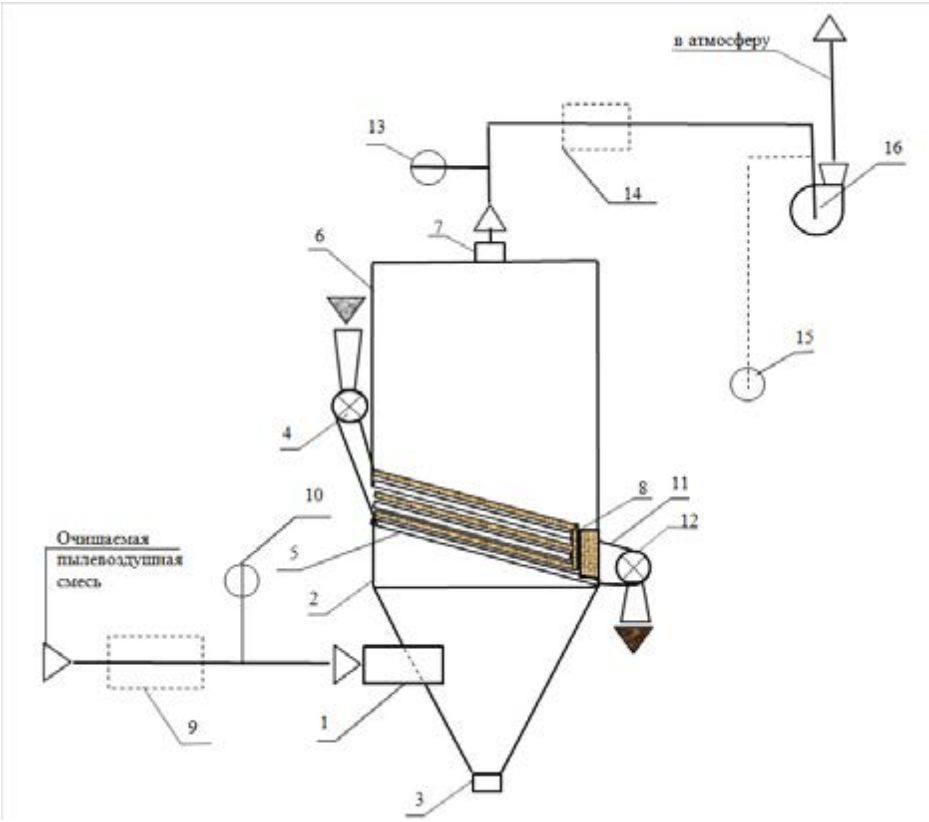


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: *1* — вход очищаемого пылегазового потока; *2* — распределительный элемент очищаемой пылегазовой смеси; *3* — выгрузка уловленной просыпи пыли; *4* — питательный элемент с патрубком подачи исходного материала в слой на лоток-ячейку; *5* — призматические ячейки-лотки, раздающие газ по поперечному слою устройства; *6* — зоны сепарации пыли и стабилизации потоков газа; *7* — патрубок выхода очищенного газа; *8* — вертикальный регулятор-стенка стабилизации и поддержания фиксированного постоянного уровня высоты фильтрующего слоя материала в устройстве; *9*, *10* — комплекс для измерения давления; *11* — патрубок выгрузки материала фильтрующего слоя с уловленной пылью; *12* — питательный элемент с патрубком выгрузки гранул материала фильтрующего слоя с уловленной пылью; *13*, *14* — измерительный комплекс для определения концентрации; *15* — шибер-регулятор расхода очищаемого газа дистанционного управления; *16* — тягодутьевое устройство (вентилятор)

Поперечное сечение конструкции газораспределяющего ячеечного элемента представлено на рис. 4.

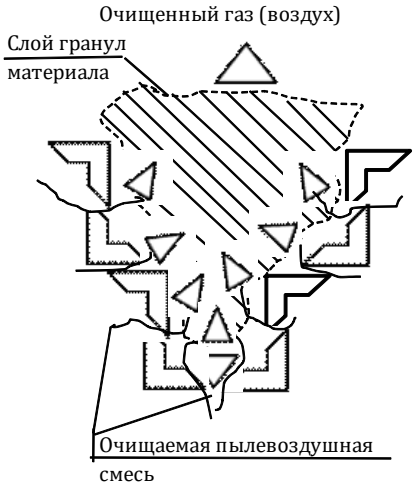


Рис. 4. Схема движения гранулированного дисперсного материала и запыленного потока газа в поперечном сечении газораспределяющего ячеечного элемента устройства с фильтрующим слоем материала

При проведении экспериментальных исследований по оценке характеристик предложенного аппарата для улавливания пыли в псевдоожиженном слом дисперсного материала в качестве основных определяющих факторов были приняты:

$\overline{v_s}$ — скорость очищенного воздуха в прямоугольном поперечном сечении зоны сепарации потоков газа (на выходе из аппарата), отнесенная к 1 м/с;

α — угол наклона газораспределяющего ячеечного элемента к горизонтальной плоскости.

Применительно к очистке выбросов от пыли при экспериментальной оценке характеристик аппарата в качестве определяющих факторов были приняты:

$$x_1 = \left(\overline{v_s} - \overline{v_{s0}}\right) / \Delta\overline{v_s}; \quad x_2 = \left(\tan\alpha - \tan\alpha_0\right) / \Delta\tan\alpha. \tag{16}$$

Выбор и вид определяющих факторов был принят на основании рекомендаций литературы [20, 21].

Результаты математической обработки данных эксперимента по оценке степени проскока пыли в предложенном аппарате при различных режимных параметрах его работы приведены на рис. 5.

Получены регрессионные соотношения как результат математической обработки данных эксперимента по оценке степени проскока пыли в предложенном аппарате при различных режимных параметрах его работы:

- для керамзитовой пыли:

$$\zeta = 0,4074 - 0,0215\left(\overline{v_s} - 17\right)^2 - 0,2321\left(\tan\alpha + 0,21\right)^2 + 0,018\overline{v_s}\tan^2\alpha; \tag{17}$$

- для пыли с содержанием SiO_2 20…70 % (песок):

$$\zeta = 0,3898 - 0,0205\left(\overline{v_s} - 17\right)^2 - 0,2227\left(\tan\alpha + 0,21\right)^2 + 0,017\overline{v_s}\tan^2\alpha. \tag{18}$$

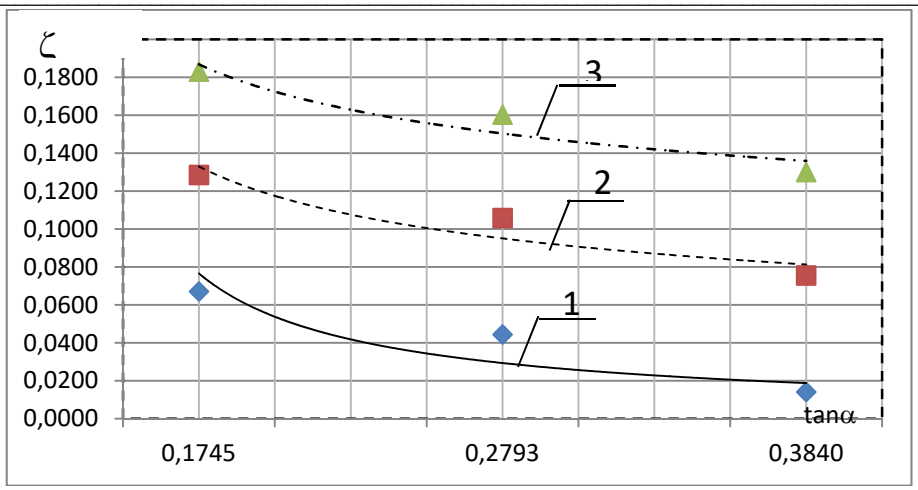


Рис. 5. Зависимость величины проскока ζ от угла наклона газораспределительной решетки при: *1* — $\bar{\upsilon}_п$ = 0,4; *2* — $\bar{\upsilon}_п$ = 0,8; *3* — $\bar{\upsilon}_п$ = 1

Выводы

1. Повышение экологической безопасности стройиндустрии возможно благодаря снижению проскока и, следовательно, выбросов пыли посредством установки в системах обеспыливания пылеуловителей псевдоожиженного слоя дисперсного материала. Предлагаемые устройства сухой очистки имеют возможность масштабирования производительности посредством увеличения числа исследованных лотков-ячеек, а также снижения образования отходов в случае использования в технологическом процессе отработанного дисперсного материала, выгружаемого из пылеуловителя. Успешные испытания опытно-промышленной установки показали, что пылевые выбросы аспирации снижаются до 30 %.

2. Успешные опытно-промышленные испытания устройства пылеочистки с псевдоожиженным слоем дисперсного материала (гранул керамзита) предложенной конструкции показали, что предложенные устройства очистки с псевдоожиженным слоем дисперсного материала (гранул керамзита) обеспечивают значительное снижение выбросов пыли аспирации (керамзита и песка) в атмосферу в производстве керамзита (около 25…30 %). Это дает основание рекомендовать применение данного перспективного метода для решения актуальной проблемы повышения экологической безопасности стройиндустрии. Для практического применения предложенного устройства пылеочистки приемлемые значения проскока пыли ζ составляли $10 \le \zeta \le 12$ % при скорости потока в поперченном сечении аппарата в пределах 0,6…1,0 м/с и угле наклона газораспределительной решетки около $\alpha \le 16°$.

3. Предлагаемая конструкция пылеулавливающего устройства имеет возможность приемлемого масштабирования — увеличения производительности использования некоторых технических решений специального характера. Увеличение производительности пылеулавливающих устройств в этом случае достигается установкой необходимого числа исследованных в лабораторной модели аппарата лотков-ячеек при неизменности характерных геометрических размеров: поперечной ширины лотка-ячейки $B_л$, высоты слоя в лотке $H_{лс}$ и длины лотковой ячейки $L_л$.

3. Приемлемые значения проскока пыли (керамзита и песка) для практического применения предложенного устройства пылеочистки с псевдоожиженным слоем дисперсного материала наблюдались при скорости потока в поперченном сечении аппарата v_s в пределах 0,6…1,0 м/с. Рекомендуемый угол наклона газораспределительной решетки составляет, как уже отмечалось, $\alpha \leq 16°$. При таких параметрах режима работы устройства величина проскока ζ составляла $10 \leq \zeta \leq 12$ %, что приемлемо с практической точки зрения. Данное устройство может быть использовано в обеспыливающих системах аспирации с начальными значениями концентрация пыли в очищаемом пылегазовом потоке систем аспирации до 1,0 г/м^3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дуда В.* Цемент. М. : Стройиздат, 1981. 463 с.
2. *Онацкий С. П.* Производство керамзита. М. : Стройиздат, 1987. 405 с.
3. Механическое оборудование для производства вяжущих строительных материалов / А. Ю. Лоскутов и др. М. : Стройиздат, 1986. 278 с.
4. Особенности аспирации технологического оборудования предприятий по производству цемента / В. Н. Азаров и др. // Вестн. ВолгГАСУ. 2013. № 31-2(50). С. 499—502.
5. *Сергина Н. М.* О повышении эффективности систем пылеулавливания в производстве строительных материалов // Инженер. вест. Дона : электрон. журн. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5445.
6. Обследование систем аспирации : учеб. пособие / В. Н. Азаров, Д. В. Азаров, Д. П. Боровков, Н. М. Сергина, Е. А. Калюжина. Волгоград : ВолгГТУ, 2016 с. URL: vstu.ru/university/personalii/sergina_nataliya_mikhaylovna.
7. *Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V.* welding spark parameters determination for cyclone removal calculation // Advanced Materials Research. 2014. No. 941. Pp. 2098—2103.
8. *Vatin N., Strelets K. I., Kharkov N.* Gas dynamics in a counter flow cyclone with conical nozzles on the exhaust pipe // Applied Mechanics and Materials. 2014. No. 635. Pp. 17—21.
9. *Strelets K., Petrochenko M., Girgidov A.* Energy performance of particle settling in cyclones // Applied Mechanics and Materials 2015. No. 725. Pp. 1363—1371.
10. *Azarov V. N., Lukanin D. V., Borovkov D. P., Redhwan A. M.* Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with counter swirling flows // International review of mechanical engineering. 2014. No. 8(5). Pp. 851—856.
11. *Elsayed K.* Optimization of the cyclone separator geometry for minimum pressure drop using Co-Kriging // Powder Technology. 2015. No. 269. Pp. 409—424.
12. *Азаров Н. В., Кошкарев С. А.* Оценка эффективности аппарата мокрой очистки обеспыливания выбросов печей обжига керамзита // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2. С. 18—32.
13. *Koshkarev S. A., Evtushenko A. I., Pushenko S. L.* Evaluation of solid particles slippage' amount throw out wet dust cleaning device in the dust removal system in building industry // Procedia Engineering. 2016. No. 165. Pp. 1057—1069.
14. *Vieira L. G., Barrozo M. A.* Effect of vortex finder diameter on the performance of a novel hydrocyclone separator // Minerals Engineering. 2014. No. 57. Pp. 50—56.
15. Removal of particles from highly viscous liquids with hydrocyclones / S. A. Marthinussen al et. // Chemical Engineering Science. 2014. No. 108. Pp. 169—175.
16. Вихревой пылеуловитель : пат. 2617473 Рос. Федерация : B04C 03/6 B01D 45/12 (2006.01) / С. А. Кошкарев, Д. В. Азаров, Е. В. Гладков, А. В. Азаров. № 2015112726 ; заявл. 04.04.2015 ; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 30. 12 с.
17. Аппарат с псевдоожиженным слоем : пат. 161262 Рос. Федерация : МПК B01D 46/38 (2006.01) / С. А. Кошкарев, Д. В. Азаров, В. В. Рыльцев и др. № 2015139314/05 ; заявл. 15.09.2015 ; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10. 5 с.
18. *Кошкарев А. С., Рыльцев В. В.* К описанию пылеулавливания во взвешенно-фильтрующем слое и экспериментальная оценка проскока частиц пыли в системах обеспыливания стройиндустрии // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 6. С. 53—61.
19. *Фролов В. Ф.* Моделирование сушки дисперсных материалов. 2-е изд. Л. : Химия, 1987. 208 с.

20. *Ермаков С. М.* Математическая теория оптимального эксперимента. М. : Наука, 2007. 320 с.

21. *Джонсон Н.* Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Пер. с англ. М. : Мир, 1981. 520 с.

© Кошкарев С. А., Кошкарев К. С., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Кошкарев С. А., Кошкарев К. С. Повышение экологической безопасности предприятий стройиндустрии при снижении выбросов пыли и отходов от систем обеспыливания с пылеуловителями фильтрующе-псевдоожиженного слоя дисперсного материала // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 255—267.

Об авторах:

Кошкарев Сергей Аркадьевич — доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Кошкарев К. С. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Sergei A. Koshkarev, K. S. Koshkarev

Volgograd State Technical University

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF CONSTRUCTION INDUSTRY ENTERPRISES WHILE REDUCING DUST AND WASTE EMISSIONS FROM DEDUSTING SYSTEMS WITH DUST COLLECTORS OF A FILTER-FLUIDIZED LAYER OF DISPERSED MATERIAL

The article is devoted to the purpose of improving the environmental safety of the construction industry by reducing leakage's degree of dust particles throw out from aspiration's dust. There presented way to decrease solid waste from aspiration's dust cleaners to return ones in technological process in this article. The paper presents the experimental results of research to define values of leakage's throws out dust decreasing system aspiration's with a dust collector using the filtering fluidized dispersed material' bed. The data were obtained at experimental industrial set up. There showed the results that the proposed dust collectors within the filtering fluidized particulate material' bed provides a significant reduction of dust emissions into the atmosphere and solid waste both. This collector successfully tested in manufacturing of expanded clay and building materials cement and at construction industry in this article.

K e y w o r d s: dust, dust capturing, fluidized bed, building material, leakage, environmental safety, emission, an atmosphere, scheme, dust decreasing, aspiration.

For citation:

Koshkarev S. A., Koshkarev K. S. [Improving the environmental safety of construction industry enterprises while reducing dust and waste emissions from dedusting systems with dust collectors of a filter-fluidized layer of dispersed 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], 2022, iss. 3, pp. 255—267.

About authors:

Sergei A. Koshkarev — Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

K. S. Koshkarev — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 621.928.9:691

Н. М. Сергина, М. С. Соломахин, В. М. Зотов, Р. В. Сущенко

Волгоградский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПЫЛЕВЫМИ ВЫБРОСАМИ

Повышение эффективности систем защиты атмосферного воздуха городов от загрязнения промышленными выбросами остается актуальной задачей. Авторами предлагается один из вариантов компоновки системы, предназначенной для снижения пылепоступлений в городскую воздушную среду.

Ключевые слова: вихревой пылеуловитель со встречными закрученными потоками (ВЗП), отсос из бункерной зоны.

В последние десятилетия особое внимание уделяется содержанию в атмосферном воздухе населенных пунктов взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2,5}$ [1—8], которые обусловливают развитие сердечно-сосудистых и легочных заболеваний, в том числе и с наступлением летального исхода. Источники поступления таких частиц в воздушную среду делятся на следующие группы: промышленность, транспорт, сжигание топлива, природные источники (пыль естественного происхождения и морская соль), неустановленные источники антропогенного происхождения [1, 2].

По данным экспертов, которые получены на основе результатов статистического инструментария, вклад промышленности в содержание частиц PM_{10} в атмосферном воздухе городов в среднем по всему миру составляет 18 %, однако зависит от региона и уровня развития страны [8]. Так, например, на долю промышленной деятельности приходится: в Турции — 29 %, в странах Северной и Южной Америки — 26 %, в Западной Европе — 22 %, в Китае — 21 % [1]. В среднем для стран с высоким уровнем дохода этот вклад составляет 21 %, в странах со средним и низким уровнем — 16 % [8].

Аналогичная картина наблюдается и по вкладу промышленности в содержание частиц $PM_{2,5}$, который в среднем по всему миру составляет 15 %. Промышленная деятельность имеет самые большие вклады в Японии (34 %), на Ближнем Востоке и в Южной Азии (27 %), в Турции (30 %), в Бразилии (19 %), в Юго-Восточной Азии (18 %), в странах Центральной Европы (17 %) [1]. Однако, по данным экспертов, вклад промышленности в этом случае в странах со средним и низким уровнем дохода выше (16 %), чем в странах с высоким уровнем (12 %).

Примером влияния различных отраслей индустрии на качество городской воздушной среды по содержанию мелкодисперсной пыли являются данные, полученные авторами в результате многочисленных и многолетних исследований по оценке фракционного состава различных видов промышленной пыли, некоторые из которых представлены на рис. 1 и 2 [9—11].

Данные, приведенные на рис. 1, показывают, что в результате выбросов пыли в период плавки стали в дуговой печи содержание частиц PM_{10} в атмосферном воздухе города возрастает более чем в три раза (от 12 до 40 %),

содержание частиц $PM_{2,5}$ изменяется от 0 до 0,8 %. При производстве асфальтобетона в воздушной среде на границе жилой застройки на долю частиц PM_{10} приходится 10 %, а на долю частиц $PM_{2,5}$ — 0,3 % массы (см. рис. 2). При этом концентрация частиц с размерами менее 10 мкм составляет 300…330 мкг/^{3}м, что превышает установленную в России предельно допустимую концентрацию, которая по таким частицам для воздуха населенных мест установлена 300 мкг/м^3.

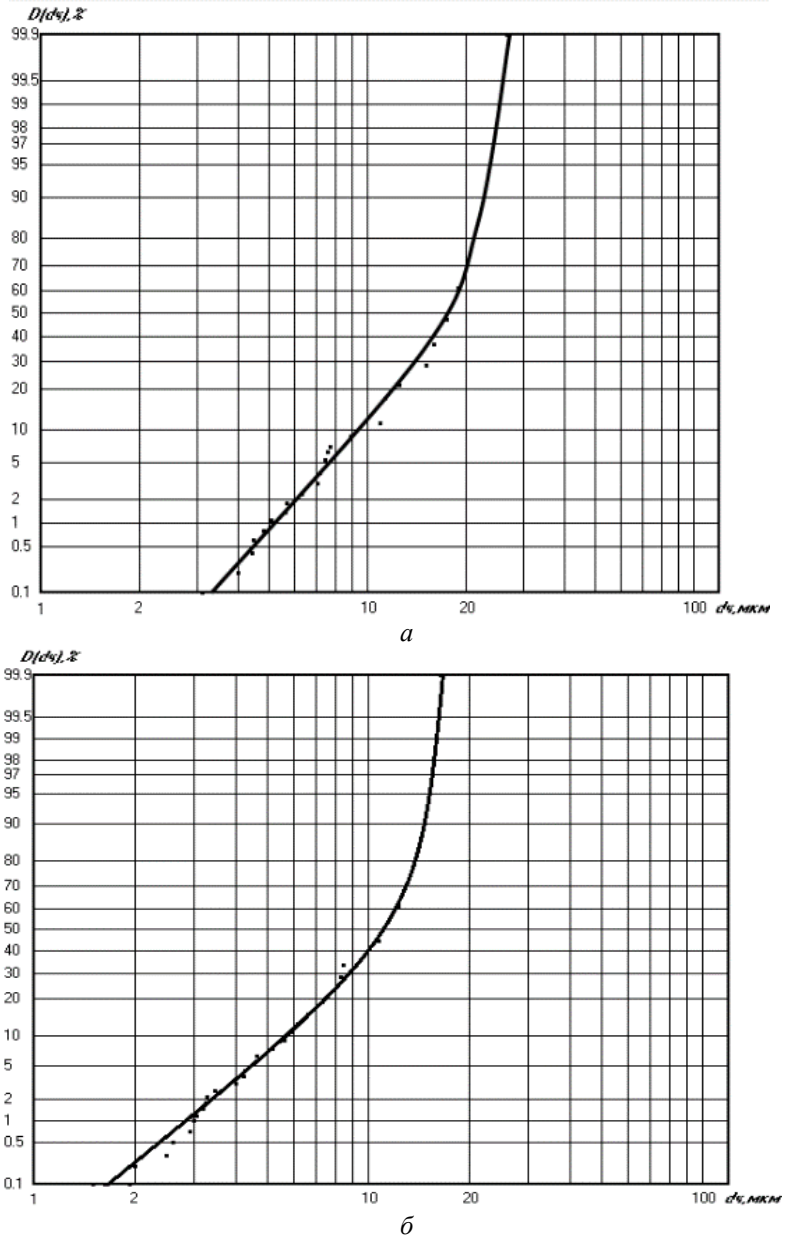


Рис. 1. Фракционный состав пыли в воздушной среде городского квартала вблизи металлургического предприятия: *а* — фоновые значения; *б* — в период плавки стали [10, 11]

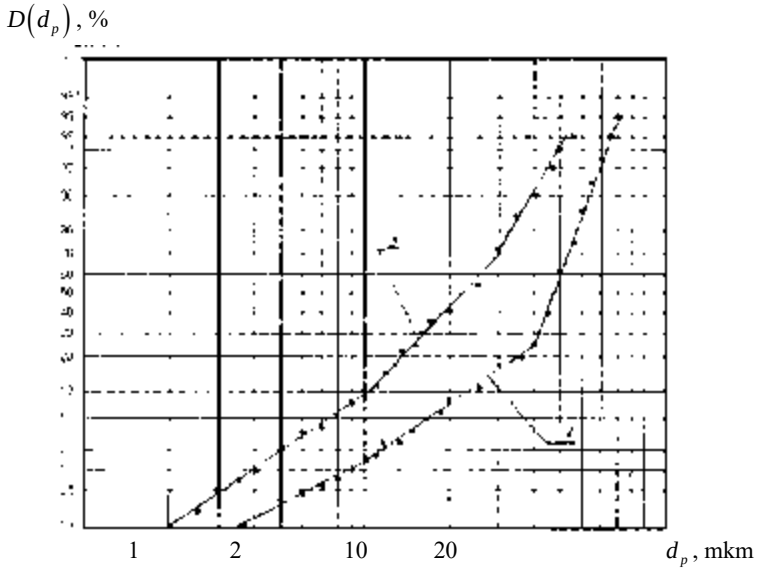


Рис. 2. Результаты исследования фракционного состава пыли в атмосферном воздухе города при производстве асфальтобетона: *1* — на территории промплощадки предприятия; *2* — на границе жилой застройки [9]

При выборе аппаратов и систем для защиты атмосферного воздуха от пылевого загрязнения руководствуются такими основными показателями, как высокая эффективность и низкие эксплуатационные затраты. Из всего существующего многообразия модификаций пылеуловителей в этом отношении отличаются аппараты со встречными закрученными потоками (ВЗП), преимущества которых отмечаются в работах многих исследователей [11—19], а системы обеспыливания выбросов с ВЗП эффективно эксплуатируются на различных предприятиях [12, 13, 17—19].

На рис. 3 приведен один из вариантов системы очистки от пыли промышленных выбросов, скомпонованной из двух последовательно установленных аппаратов ВЗП с отсосом из бункера пылеуловителя второй ступени и возвратом рециркуляционного потока на нижний вход аппарата ВЗП первой ступени [11, 12].

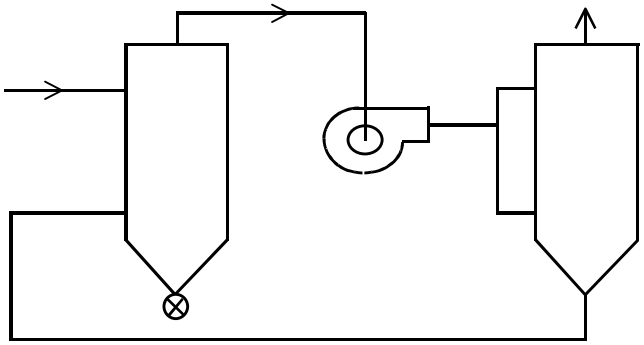


Рис. 3. Схема системы очистки промышленных выбросов от пыли с аппаратами ВЗП

В этом случае эффективность пылеуловителя второй ступени вследствие организации отсоса возрастает на величину [20]

$$\Delta\eta_2 = 0{,}148K\left(0{,}5 - K\right), \tag{1}$$

где K — доля объема поступающей в систему пылевоздушной смеси, отсасываемой из бункера аппарата ВЗП второй ступени (изменяется в пределах 0,15…0,35 [20]).

При этом коэффициент аэродинамического сопротивления второго пылеуловителя, характеризующий затраты электроэнергии на реализацию процесса обеспыливания выбросов, снижается в 1,5…1,6 раза [11].

Для оценки суммарной эффективности улавливания пыли составим систему балансовых уравнений пылевых потоков:

$$\begin{cases} G_{\text{cau1}} + c_{\text{out1}}L_{\text{as}} = c_{\text{as}}L_{\text{as}} + c_{\text{suc}}L_{\text{suc}}; \\ G_{\text{cau1}} = \eta_1\left(c_{\text{as}}L_{\text{as}} + c_{\text{suc}}L_{\text{suc}}\right); \\ G_{\text{cau2}} = \eta_2\left(c_{\text{out1}}L_{as} + c_{\text{out1}}L_{\text{suc}}\right); \\ G_{\text{cau2}} + c_{\text{out2}}L_{\text{as}} = c_{\text{out1}}L_{\text{as}} + c_{\text{out1}}L_{\text{suc}}; \\ G_{\text{cau2}} = c_{\text{suc}}L_{\text{suc}}. \end{cases} \tag{2}$$

По определению общая эффективность системы η_{sys} составит

$$\eta_{\text{sys}} = \frac{c_{\text{as}}L_{\text{as}} - c_{\text{out2}}L_{\text{out2}}}{c_{\text{as}}L_{\text{as}}} = 1 - \frac{c_{\text{out2}}L_{\text{out2}}}{c_{\text{as}}L_{\text{as}}}. \tag{3}$$

Для решения системы (2) относительно $c_{\text{out2}}L_{\text{out2}} = c_{\text{out2}}L_{\text{as}}$ разделим обе части каждого уравнения на $c_{\text{as}}L_{\text{as}}$ и получим систему уравнений вида

$$\begin{cases} \bar{G}_{\text{cau1}} + \bar{c}_{\text{out1}}\bar{L}_{\text{as}} = 1 + \bar{c}_{\text{suc}}\bar{L}_{\text{suc}}; \\ \bar{G}_{\text{cau1}} = \eta_1\left(1 + \bar{c}_{\text{suc}}\bar{L}_{\text{suc}}\right); \\ \bar{G}_{\text{cau2}} = \eta_2\left(\bar{c}_{\text{out1}}\bar{L}_{\text{as}} + \bar{c}_{\text{out1}}\bar{L}_{\text{suc}}\right); \\ \bar{G}_{\text{cau2}} + \bar{c}_{\text{out2}}\bar{L}_{\text{as}} = \bar{c}_{\text{out1}}\bar{L}_{\text{as}} + \bar{c}_{\text{out1}}\bar{L}_{\text{suc}}; \\ \bar{G}_{\text{cau2}} = \bar{c}_{\text{suc}}\bar{L}_{\text{suc}}. \end{cases} \tag{4}$$

Сложим почленно первые два уравнения системы (2):

$$c_{\text{out1}}L_{\text{as}} + c_{\text{as}}L_{\text{as}} + c_{\text{suc}}L_{\text{suc}} = \eta_1\left(c_{\text{as}}L_{\text{as}} + c_{\text{suc}}L_{\text{suc}}\right);$$

$$\left(1 - \eta_1\right)\left(c_{\text{as}}L_{\text{as}} + c_{\text{suc}}L_{\text{suc}}\right) = c_{\text{out1}}\left(L_{\text{as}} + L_{\text{suc}}\right).$$

Разделив на $c_{as}L_{as}$, получим

$$\left(1 - \eta_1\right)\left(1 + \bar{c}_{\text{suc}}\bar{L}_{\text{suc}}\right) = \bar{c}_{\text{out1}}\left(1 + \bar{L}_{\text{suc}}\right).$$

Решая систему (4) относительно $\bar{c}_{\text{out2}}\bar{L}_{\text{as}}$ методом исключения, получим

$$\eta_2\bar{c}_{out1}\left(\bar{L}_{as}+\bar{L}_{suc}\right)=\bar{c}_{out1}\left(\bar{L}_{as}+\bar{L}_{suc}\right)-\bar{c}_{out2}\bar{L}_{out2};$$

$$\left(1-\eta_2\right)\bar{c}_{out1}\left(\bar{L}_{as}+\bar{L}_{suc}\right)=\bar{c}_{out2}\bar{L}_{out2};$$

$$\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}=\eta_2\bar{c}_{out1}\left(1+\bar{L}_{suc}\right).$$

или

$$\begin{cases}\left(1-\eta_1\right)\left(1+\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}\right)=\bar{c}_{out1}\left(1+\bar{L}_{suc}\right);\\ \left(1-\eta_2\right)\bar{c}_{out1}\left(\bar{L}_{as}+\bar{L}_{suc}\right)=\bar{c}_{out2}\bar{L}_{out2};\\ \bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}=\eta_2\bar{c}_{out1}\left(1+\bar{L}_{suc}\right);\\ \eta_1=\eta_1\left(c_{suc}/c_{as},L_{suc}/L_{as}\right);\\ \eta_2=\eta_2\left(\bar{c}_{out1},\bar{L}_{suc}\right).\end{cases} \tag{5}$$

Принимая значения η_2 постоянной величиной и решая систему (5) относительно параметра $1/\left(1-\eta_1\right)$, получим

$$\frac{1}{1-\eta_1}=\eta_2\left(1+\frac{1}{\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}}\right). \tag{6}$$

Известно, что эффективность вихревого аппарата существенно зависит от соотношения объемов и запыленности потоков, подаваемых через нижний и верхний вводы [17]. Принимая в качестве первого приближения, что $\eta_1=\eta_1\left(\bar{c}_{suc},\bar{L}_{suc}\right)$, выразим эту функцию через ряд следующего вида:

$$\frac{1}{1-\eta_1}=1-\frac{A_1}{\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}}+\frac{A_2}{\left(\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}\right)^2}-\frac{A_3}{\left(\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}\right)^3}+\frac{A_4}{\left(\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}\right)^4}+\ldots\ . \tag{7}$$

В качестве второго приближения будем считать значимыми первые три члена ряда. Тогда

$$\eta_2\left(1+\frac{1}{\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}}\right)=1-\frac{A_1}{\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}}+\frac{A_2}{\left(\bar{c}_{suc}\bar{L}_{suc}\right)^2}.$$

Получаем квадратное уравнение

$$\bar{c}_{suc}^2\left(1-\eta_1\right)-\bar{c}_{suc}\left(\frac{A_1+\eta_2}{\bar{L}_{suc}}\right)+\frac{A_2}{\bar{L}_{suc}^2}=0,$$

решение которого имеет вид

$$\bar{c}_{suc}=\frac{A_1+\eta_2+\sqrt{2\eta_2\left(A_1+2A_2\right)+\left(A_1^2-4A_2\right)+\eta_2^2}}{2\left(1-\eta_2\right)\bar{L}_{suc}}. \tag{8}$$

Подставив (8) в (6), получаем

$$\frac{1}{1-\eta_1}=\eta_2\left(1+\frac{2\left(1-\eta_2\right)}{A_1+\eta_2+\sqrt{2\eta_2\left(A_1+2A_2\right)+\left(A_1^2-4A_2\right)+\eta_2^2}}\right). \quad (9)$$

Тогда суммарная эффективность системы составит

$$\eta_{sys}=1-\frac{A_1+\eta_2+\sqrt{2\eta_2\left(A_1+2A_2\right)+\left(A_1^2-4A_2\right)+\eta_2^2}}{2\eta_2}. \quad (10)$$

В выражениях (2)—(10) приняты следующие обозначения: c_{as}, c_{suc} — запыленность воздуха, поступающего на верхний и нижний вводы пылеуловителя первой ступени из системы аспирации и из бункера пылеуловителя второй ступени соответственно, мкг/м^3; L_{as}, L_{suc} — расход воздуха, поступающего на верхний и нижний вводы аппарата первой ступени из системы аспирации и из бункера пылеуловителя второй ступени соответственно, м^3/ч; c_{out1}, c_{out2} — запыленность воздуха на выходе из пылеуловителя первой ступени и на выходе из пылеуловителя второй ступени в атмосферу соответственно, мкг/м^3; G_{cau1}, G_{cau2} — масса пыли, уловленной в аппаратах ВЗП, кг/ч; η_1, η_2, η_{sys} — эффективность аппаратов ВЗП и системы.

Значения коэффициентов A_1 и A_2 определены по результатам экспериментальных исследований в зависимости от режимов работы пылеуловителей. Решение находится методом последовательных приближений не позднее третьего цикла расчетов.

Результаты опытно-промышленных испытаний предложенной системы подтвердили целесообразность применения установок очистки выбросов с аппаратами ВЗП и рециклингом уловленного продукта для защиты городской воздушной среды от поступлений мелкодисперсной пыли. Так, в производстве асфальтобетона, в сравнении с традиционной системой обеспыливания, скомпонованной из двух последовательно установленных циклонов, выбросы пыли сократились в 3,9 раза. При этом содержание частиц PM_{10} в потоке, выбрасываемом в атмосферный воздух после очистки, сократилось на 36 %, содержание частиц $PM_{2,5}$ — на 25 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level / F. Karagulian, C. Belis, A. Dora, C. F. C. Prüss-Ustün, A. Bonjour, S. Adair-Rohani, M. H. Amann // Atmospheric Environment. 2015. Vol. 120.

2. *Kyoyken M. P.* Source deposits to $PM_{2.5}$ and PM_{10} against the background of city and the adjacent street // Atmospheric environment. 2013. Vol. 71. Pp. 26—35.

3. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM10 concentrations in London / B. Barratt, D. Carslaw, G. Fuller, D. Green, A. Tremper // King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under contractto URS Infrastructure & Environment Ltd. Nov. 2012. 56 p.

4. Urban air pollution / A. J. Cohen et al. // Comparative quantification of health risks. Global and regional burden of disease attributable to selected major factors. Geneva : World Health Organization, 2004. Vol. 2. No. 17. Pp. 1354—1433.

5. *Насими М. Х., Соловьева Т. В.* О загрязнении мелкодисперсной пылью PM_{10} атмосферного воздуха города Кабул // Инженер. вестн. Дона. 2017. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4121.

6. *Загороднов С. Ю.* Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека // Вестн. Пермского нац. исслед. ун-та. Сер. : Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 2. С. 124—133.

7. *Singkh M., Pandey A. K., Singkh P. K., Singkh G.* Tendency of firm particles in surrounding air the town in India // Indian magazine of basic and applied researches. 2016. Vol. 1. No. 4. Pp. 70—72.

8. *Горшков Е. В., Насими М. Х.* Исследование загрязнения городской воздушной среды мелкодисперсной пылью природного происхождения // Инженер. вестн. Дона. 2016. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2016/3896.

9. О результатах оценки воздействия на качество атмосферного воздуха и об определении необходимой степени очистки пылевых выбросов асфальтобетонных заводов / Н. М. Сергина и др. // Инженер. вестн. Дона. 2015. № 3.

10. О результатах обследования системы удаления и очистки пылевых выбросов в атмосферу при плавке стали в электродуговой печи / Н. М. Сергина и др. // Современная наука и инновации. 2015. № 4(12). С. 76—80.

11. *Azarov V. N., Sergina N. M., Kondratenko T. O.* Problems of protection of urban ambient air pollution from industrial dust emissions // MATEC Web of Conferences. 2017. No. 106. P. 07017. URL: https://www.matec-conferences.org.

12. *Bogomolov A. N., Sergina N. M., Kondratenko T. O.* On Inertial Systems. Dust Cleaning and Dust Removal Equipment, and Work Areas in the Production from Aerated Concrete from the Hopper Section Apparatus CSF // Procedia Engineering. 2016. No. 150. Pp. 2036—2041.

13. *Stefanenko I. V., Azarov V. N., Sergina N. M.* Dust *Collecting System for the Cleaning of Atmospheric Ventilation Emissions* // Trans. Tech. Publications. 2017. No. 878. Pp. 269—272.

14. *Azarov V. N., Borovkov D. P., Redhwan A. M.* Applicaition of swirling flows in aspiration systems // International Review of Mechanical Engineering (IREME). 2014. Vol. 8. No. 4. Pp. 750—753.

15. *Azarov V. N., Borovkov D. P., Redhwan A. M.* Experimental study of secondary swirling flow influence on flows structure at separation chamber inlet of dust collector with countercurrent swirling flows // International Review of Mechanical Engineering (IREME). 2014. Vol. 8. No. 5. Pp. 851—856.

16. *Азаров В. Н., Донченко Б. Т.* Системы аспирации дымовых и леточных газов производства карбида кальция // Строительные материалы. 2002. № 11. С. 20—21.

17. *Азаров В. Н., Сергина Н. М.* Системы пылеулавливания с инерционными аппаратами в производстве строительных материалов // Строительные материалы. 2003. № 8. С. 14—15.

18. *Сергина Н. М., Семенова Е. А., Кондратенко Т. О.* Пути снижения пыли извести в атмосферу при производстве строительных материалов // Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 11. С. 53—55.

19. *Сергина Н. М., Семенова Е. А., Кисленко Т. А.* Система обеспыливания для производства керамзита // Инженер. вестн. Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013.

20. Оценка эффективности многоступенчатых систем пылеулавливания на основе балансового метода / А. Н. Богомолов, Н. М. Сергина, Д. С. Дружинина, В. А. Евсеева, С. А. Орлов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2016. № 46(65). С. 128—138.

© Сергина Н. М., Соломахин М. С., Зотов В. М., Сущенко Р. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Сергина Н. М., Соломахин М. С., Зотов В. М., Сущенко Р. В. Проблемы защиты городской воздушной среды от загрязнения промышленными пылевыми выбросами // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 268—275.

Об авторах:

Сергина Наталия Михайловна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Соломахин М. С. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Зотов В. М. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Сущенко Р. В. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Natalia M. Sergina, M. S. Solomachin, V. M. Zotov, R. V. Sushchenko

Volgograd State Technical University

PROBLEMS OF PROTECTION OF URBAN AMBIENT AIR POLLUTION FROM INDUSTRIAL DUST EMISSIONS

Increasing the efficiency of air systems to protect the city from pollution and industrial emissions is an urgent task. The authors propose a version of the system layout, designed to reduce dust emissions in urban air.

K e y w o r d s: dust collector with counterclaims swirling flows (CFS), suction from the bunker area.

For citation:

Sergina N. M., Solomachin M. S., Zotov V. M., Sushchenko R. V. [Problems of protection of urban ambient air pollution from industrial dust emissions]. *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], 2022, iss. 3, pp. 268—275.

About authors:

Natalia M. Sergina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

M. S. Solomachin — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

V. M. Zotov — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

R. V. Sushchenko — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 711.112:504.54

Н. А. Унагаева

Сибирский федеральный университет

СИБИРСКИЙ ГОРОД И РЕКА: ОСОБЕННОСТИ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В КРАСНОЯРСКЕ

На развитие планировочной структуры Красноярска оказывает влияние сложная структура природного комплекса и гидрографической сети. При этом рекреационный потенциал акватории используется недостаточно. Рациональное природопользование требует от рекреационного водопользования перехода на новый уровень территориального управления. Созрела необходимость разработки регионального ландшафтно-водно-рекреационного каркаса с целью развития экологического и эстетического потенциала территорий для формирования здоровой и комфортной среды для жизни.

Ключевые слова: рекреационное водопользование, рекреационный каркас, речная акватория, территориальная зона, Красноярск.

Живописные берега водоемов с давних времен притягивали людей своей первозданной природой, плодородными землями, защитными и транспортными функциями. Эти факторы стали решающими и для выбора места под строительство в 1628 г. крепости Красный Яр на высоком остроконечном мысу Стрелка р. Енисей, с целью защиты южных подходов к Енисейску — главному в те времена городу Восточной Сибири. Постепенно эта приграничная застава не только приобрела статус города, но постепенно Красноярск стал крупнейшим культурным, образовательным, экономическим и промышленным центром Восточной Сибири.

Огромные размеры Енисея и крутизна левобережья повлияли на развитие города на запад исключительно на левом берегу реки. Тем не менее на правом берегу встречались самостоятельные поселения: поселки Березовка, Торгашино, Базаиха. Но активное освоение этой территории началось после завершения в 1899 г. строительства железнодорожного моста через Енисей. Первым градообразующим элементом правого берега стал затон-гавань. На правобережье перешла функция товаропереваточного пункта, а в дальнейшем здесь сосредоточилась большая часть промышленности Красноярска. Можно сказать, что Енисей долгое время был помехой для развития города и одновременно промышленно-деловым диаметром Красноярска.

Енисей — это крупнейшая судоходная река Восточной Сибири, а Красноярск — крупный перевалочный порт бассейнового масштаба, куда возможен заход судов класса «река — море». Этим и объясняется использование огромного числа береговых территорий под размещение промышленных предприятий, что ограничивает выход с селитебных территорий к реке, нарушает природный ландшафт и композицию города. С реализацией генерального плана города, принятого в 2015 г., началось градостроительное освоение площадок предприятий, вынесенных за границы города или прекративших свое существование. Так, идет освоение территории нефтебазы АО «Красноярскнефтепродукт», «Судоверфь» в жилом районе «Пашенный», заканчивается строительство ЖК «Новоостровский» на месте завода

ОАО «ПО „Красноярский завод комбайнов“». Микрорайоны «Южный берег», «Утиный плес», «Тихие зори» появились на месте территорий заводов ООО «Судостроительный завод имени Побежимова» и деревообрабатывающего АО «Красноярский ДОК». Со строительством новых жилых районов пробиваются «зеленые» пешеходные каналы к акватории, развиваются участки набережных вдоль правого берега реки. Несмотря на стремительное наступление жилой застройки, территория Красноярского судоремонтного центра занимает значительную площадь правобережья — 614 тыс. м^2, с длиной акватории в 3,7 км, и взят курс на дальнейшее развитие [1].

Акватория реки Енисей активно используется в композиции города. 1960-е — 1980-е гг. — время формирования речного фасада Красноярска и активного освоения островов. К существовавшим к тому времени градостроительным ансамблям, имеющим композиционную связь с рекой, — площадь Революции и Центральный парк им. Горького, ансамбль набережной в районе Речного вокзала (арх. А. Н. Голубев) — добавились площадь 350-летия Красноярска (Театральная площадь), она же левобережная предмостная площадь (арх. А. С. Брусянин, А. С. Демирханов, К. Ф. Неустроев) с каскадным фонтаном «Реки Сибири» (арх. А. С. Демирханов, скульпторы К. Зинич, В. Моиселев, А. Нечепарчук и А. Кияницын), сформированная Театром оперы и балета, гостиницей «Красноярск», со зданиями красноярской мэрии и Енисейского речного пароходства; площадь Мира у Большого концертного зала Красноярской филармонии (арх. А. С. Демирханов, В. В. Орехов, В. К. Шадрин), где позднее появились здания КАТЭКНИИ-Уголь и гостиницы «Метрополь» и построен вантовый пешеходный мост на о. Татышев (арх. А. С. Демирханов, В. В. Сарафанов, О. Ф. Смирнова), а также территория Музейного центра на Стрелке — филиал центрального музея Ленина (Музейный центр на Стрелке) (арх. А. С. Демирханов). Эта часть береговой линии — от Центрального парка до Стрелки — наиболее благоустроена (по проектам разных архитекторов в разное время [2]) и стала местом постоянных прогулок горожан. Берег реки выровнен, набережная решена системой бульваров, расположенных террасами вдоль берегового склона, хорошо озеленена и многофункциональна. В 2018 г. реализован проект по ее реконструкции, который был разработан КБ «Стрелка» совместно с Фондом единого института развития в жилищной сфере (Дом.РФ) и Проектдевелопмент [3]. Кроме того, из самого центра города видны чуть ли не все памятники природы и все уникальные места Красноярска, открываются великолепные виды на реку Енисей, острова, мосты, на активный ландшафт правобережья и «Красноярские Столбы». Центральный стадион на о. Отдыха (арх. В. В. Орехов) и дворец спорта «Енисей» (им. Ивана Ярыгина) (арх. В. В. Орехов, В. В. Сарафанов) на острове Отдыха дополняют «открыточные» виды Красноярска с акваторией Енисея (рис. 1).

Тем не менее силуэт города на развертке по Енисею постоянно меняется. Самым стабильным является силуэт левобережной набережной в историческом центре, но и там появляются объекты, которые включаются в речной фасад (помимо жилой точечной застройки, это общественное здание с пешеходным мостом по ул. Дубровинского, 45а, здание семейно-развлекательного центра по ул. Дубровинского «Галерея Енисей», здание Арбитражного суда по ул. Ленина, 1, Торговый комплекс «Комсомолл» по ул. Белинского, 8,

Торгово-выставочный комплекс по ул. Белинского, 5, гостиница с рестораном на Театральной площади) и нарушает диалог переднего и заднего плана застройки в перекликании архитектурных деталей объектов культурного наследия [4]. Изменился до неузнаваемости и силуэт правобережной набережной: с начала 2000-х гг. на фоне природных доминант восточных отрогов Саян вырос силуэт жилых, в основном 26-этажных комплексов (см. рис. 1). Зачастую застройка подходит достаточно близко к воде, поглощая природный потенциал территории, полностью преобразуя ландшафт пойм. Со строительством 4-го автомобильно-пешеходного моста через Енисей в Красноярске ситуация связности двух берегов незначительно, но улучшилась. Благодаря федеральному проекту преобразилась правобережная Ярыгинская набережная от предмостной площади до ул. Судостроительной; разрабатывается проект реконструкции правобережной предмостной площади.

Рис. 1. Вид с террасы семейно-развлекательного центра по ул. Дубровинского «Галерея Енисей» на остров Отдыха и жилую застройку правого берега (фото автора)

Острова на Енисее не только включены в композицию города, но и являются частью его единой системы озеленения, а также частью рекреационного каркаса.

Особый интерес для исследования представляет остров Пасадный, являющийся продолжением «зеленой анфилады»: площадь Революции, Центральный парк культуры и отдыха имени М. Горького, часть набережной реки Енисей. В настоящее время на территории острова Посадный расположены инженерные сооружения: водозабор центрального района города Красноярска (но несет в себе функцию запасного (резервного), и в данное время насосные станции работают на минимуме) и находятся объекты — исторические постройки начала XX века, представляющие исторический и культурный интерес для города: водозаборные насосные станции, станция хлорирования, резервуар. В настоящее время первая насосная станция Красноярска (1913) законсервирована и выполняет функцию музея городского

водопровода, где представлены исторические фотографии, экспонаты начала XX века — это трубы, люки, винтовая лестница и т. д. Находясь на закрытой территории, музей ограничен в количестве посетителей, а отсутствие удобной пешеходной доступности и вовсе вызывает затруднение попасть на сам остров. Тем не менее остров является привлекательным местом для горожан, с него открываются великолепные виды на левобережную набережную города, остров Отдыха, а также на Коммунальный и Николаевский мосты.

Необходимо рассмотреть вынос водозаборной функции с острова, проведение мероприятий по сохранению существующей флоры и фауны в естественно сложившейся природной среде, развитие музейной функции и включить о. Посадный в число рекреационно-туристических объектов, в продолжение «зеленой анфилады» рекреационного значения, как обладающий большим экономическим потенциалом. Средством реализации этого замысла должно стать развитие пешеходной инфраструктуры в виде мостов, соединяющих город с островом, и транспортной за счет включения объекта в маршрутную карту прогулочных средств речного транспорта. Следует уделить внимание размещению объектов обслуживания населения и внедрению таких зон, как прогулочные, тихого отдыха и др.

Наиболее доступными и привлекательными в рекреационном плане для населения являются крупные и наиболее урбанизированные в настоящее время острова Енисея: Татышев и Отдыха.

Самый большой парк — Татышев-парк (635 га) — располагается на одноименном острове в русле Енисея, в последние годы его активно благоустраивают, и он является очень востребованным местом отдыха у жителей и гостей города, так как соединен с центром города пешеходным вантовым мостом. В районе Октябрьского моста организованы автодромы, площадки для экстремальных видов спорта, дрессировок собак; имеются пункты проката велосипедов, роликовых коньков, самокатов и другой безмоторной техники. Есть мемориальные зоны: аллея из яблонь в память погибшим при исполнении обязанностей военной службы в мирное время и памятная плита «Черный тюльпан» в честь воинов-афганцев. Кроме спортивных и пешеходных дорожек, имеются зоны для занятия спортом, площадки для отдыха, в том числе на воде, организованы пункты питания — торговые павильоны, кафе. Самым излюбленным местом у отдыхающих является «Поляна сусликов», где можно покормить вполне уже приученных к угощению маленьких зверьков. Благоустроена береговая линия, организованы зоны для отдыха у искусственных прудов (рис. 2). Планируется обустройство причала в западной части острова — с прогулочной зоной и прокатом лодок. Востребованность острова у горожан возрастает, при этом сокращается естественный покров за счет развития дорожно-тропиночной сети и увеличения площади автомобильных парковок. Посещаемость Татышева приближается к пороговым значениям. Статус зеленой зоны остров сохранил, по словам Пьянкова, директора МАУ «Центр реализации социальных проектов», который отвечает за содержание острова, благодаря утвержденным в 2012 г. проекту планировки и межевания и проекту зон охраны. Новая стратегия развития до 2023 г. предполагает дальнейшее благоустройство, создание дополнительных «отвлекающих аттракций», трассировку дорожно-тропиночной сети, способной увести посетителей от наиболее уязвимых мест парка. Согласно упомянутому

проекту планировки, территорию парка посещают более 49 тыс. чел. одновременно (включая 19,4 тыс. в районе Октябрьского моста и 11,2 тыс. в районе Стрелки). Во время массовых мероприятий, согласно данным, представленным на сайте красноярского общественно-делового издания «Дела.ру», в районе Октябрьского моста собирается около 30 тыс.чел[1].

Рис. 2. Благоустроенная зона для отдыха у искусственных прудов на острове Татышева (фото автора)

Остров Отдыха — наиболее урбанизированный остров в Красноярске, он является центром спортивной жизни города. На его территории, кроме различных других составляющих, находятся два крупнейших в городе спортивных объекта — Центральный стадион, спортивная арена которого давно стала одним из символов города, а также Дворец спорта им. И. Ярыгина. Этот пример «удачного решения спортивного комплекса в сложившемся архитектурном ансамбле города» приведен в учебниках для студентов, обучающихся по специальности «Городское строительство и хозяйство» [5, 6]. Правда, текущее состояние острова не соответствует планировке из учебников, тем не менее его привели в порядок во время реконструкции к Универсиаде-2019. Остров Отдыха также испытывает большие транспортные и рекреационные нагрузки; есть опасение, что размещение на нем новых спортивных сооружений может привести к полной утрате его природного ландшафта.

К острову Отдыха примыкает остров Молокова. В 30-е гг. XX века на острове Молокова был создан штаб спасения экспедиции челюскинцев, а в годы Второй мировой войны на Абаканской протоке Енисея был организован гидроаэропорт. Сохранились здание диспетчерской службы и каркас сгоревшего ангара. Мрачные развалины сооружений, изуродованный ландшафт, запущенные насаждения естественного происхождения, неблагоустроенная дорожная сеть — вот современное состояние этих островов. На Абаканской протоке на острове Молокова благоустроен песчаный пляж. В этом году был проведен интернет-опрос красноярцев по поводу развития островов Енисея. Меньше всего горожан участвовало в голосовании по развитию острова Молокова (237 чел.). По результатам опроса территория оказалась как самой непосещаемой, так и самой неблагоустроенной. 40,9 % опрошенных не посе-

[1] Татышеву ищут инвесторов. URL: https://dela.ru/articles/263606.

щают остров совсем, 40,5 % посещают несколько раз в год. Большинство хочет видеть на острове Молокова музейно-парковое пространство, четверть проголосовала за развитие развлекательного направления. Меньше всего — за развитие спортивного направления[2].

Сохранение естественного ландшафта — это, как писал К. Линч, «относительно простая цель», «и к тому же легко добиться политической поддержки усилий по спасению того, что для каждого очевидно» [7, с. 272—273]. К сожалению, большинство природных ландшафтов лишены цельности, что мешает увидеть успешность проекта. Анализ ПЗЗ Красноярска помог выявить несоответствие градостроительной регламентной базы. Открытые общественные пространства не выделены в отдельную территориальную зону, их принадлежность определяется структурно-функциональным потенциалом прилегающих территорий [8]. В целом в границах ООП выделено порядка 32 территориальных зон. Кроме того, один природный объект, как, например, остров или любой другой объект ландшафтно-рекреационного назначения, может быть поделен на несколько зон и, соответственно, иметь разные правила землепользования, предельные параметры и ограничения на разных участках, что, несомненно, отрицательно отражается на самом объекте, так как нет понимания и данных по количественным показателям в целом. Так, остров Отдыха, ментально воспринимаемый как единый объект спортивно-рекреационного назначения, по данным Интерактивной карты города Красноярска, на 09.06.2022 г. в своих границах имеет девять территориальных зон: Р-1, Р-2, Р-3, Р-5, Р-6, И, З-1, СП-3, Т-2; остров Татышев — семь: ВО, Р-1, Р-2, Р-3, Р-4, И, ИТ; остров Молокова —две: Т-2, Р-9[3]. Остальные острова, находящиеся в административных границах города, но не используемые в рекреационных целях (либо имеют инженерное значение, так как включены в систему водоснабжения города, либо у них отсутствуют пешеходно-транспортные связи с берегом) — Зализаев, Сосновый, Осередыш, Верхний Атомановский и Нижний Атомановский, Попов, Сапожки и Оторвыш, — выделены в зону Р1 — рекреационную лесопарковую с естественной растительностью, с включением небольших зон И — инженерных объектов. Очевидно, что предельные параметры установлены не к природному объекту, а к отдельным функциональным зонам. Активное освоение островов в рекреационных целях приводит к значительному сокращению площади зеленых насаждений за счет замещения природы антропогенной средой и в дальнейшем к полной деградации уникальной природы пойменных территорий. Коллектив авторов НИР «Открытые общественные пространства города Красноярска: методологические основы архитектурно-градостроительной регламентации формирования комфортной среды жизнедеятельности»[4] в своем исследовании заострял

[2] Итоги онлайн-голосования по развитию островов. URL: https://socialprojects24.ru/podvedeny-itogi-onlajn-golosovanija-po-razvitiju-ostrovov.

[3] Интерактивная карта города Красноярска: слой «Территориальные зоны». URL: https://web-gis.admkrsk.ru/portal/map/imap/app.html#page=layers&mode=sem-map&bank=9&layers=14,275,48,ya_map&zoom=11&center=10344223.037832903,7558704.853064509.

[4] Открытые общественные пространства города Красноярска: методологические основы архитектурно-градостроительной регламентации формирования комфортной среды жизнедеятельности : отчет о НИР (рег. номер НИОКР № 121101500032-0 ; рук. Н. А. Унагаева; исполн. : О. Н. Блянкинштейн, Н. А. Попкова, М. В. Савельев и др.).

внимание на необходимости актуализации документов Генерального плана города и ПЗЗ Красноярска в части системного развития ООП и озелененных территорий, направленных на территориальную целостность природных объектов. Это касается не только изменения кодирования Р — повышения статуса защиты, но и возможности предусмотреть для открытых общественных пространств, особенно природных, находящихся в разных территориальных зонах, выделения *зоны условного использования территории* (ЗОУИТ), по принципам их локальной общности с учетом ментальных, исторических, социокультурных, объемно-пространственных, географических и прочих характеристик, для установления предельных параметров на объект целиком. Данный подход будет способствовать сохранению природных озелененных территорий, а также сохранению культурной идентичности, что особо важно для исторической среды, ели речь идет об открытых общественных пространствах, находящихся в зонах влияния объектов культурного наследия.

Современная организация отдыха городского населения базируется на концепции системы рекреационных пространств в черте города и за его пределами. Если говорить в целом об организации рекреации в Красноярске, то нельзя не остановиться на теме рекреационного водопользования. По Енисею в период навигации можно осуществлять речные прогулки на теплоходе, запущена скоростная линия речного транспорта, а также организованы зоны катания на лодках и катамаранах. Несмотря на относительно непродолжительное лето (в среднем 105 дней) и один месяц — июль, отличающийся постоянством термического режима, особенности резко континентального климата (жаркое лето с абсолютной максимальной температурой воздуха в июле 38 град.[5]) заставляют горожан проводить летний досуг у водоемов. Причем первые жаркие дни с температурой 26…28 град. в мае уже толкают в воду первых отдыхающих, хотя официально купальный сезон открывается после 10 июня. Несмотря на богатую гидрографическую систему, представленную рекой Енисей и его притоками (на правом берегу — реки Базаиха и Березовка, ручьи Лалетина, Роев, на левом — река Кача с ее крупным притоком рекой Бугач, река Черемушка, а также многочисленные ручьи [9]), разрешенных для купания природных водоемов на территории города нет: качество воды во всех пунктах наблюдений подсистемы мониторинга поверхностных вод суши, находящихся в границах Красноярска, варьировалось от «загрязненной» до «экстремально грязной»[6], и температура в Енисее в жаркие дни составляет 8…12 град. (за исключением проток вдоль островов), что неприемлемо для купания. Наверное, поэтому становится востребованным отдых у искусственных открытых бассейнов: пляжный комплекс «Мираж» в фанпарке «Бобровый лог», пляжный комплекс «Ривьера» на Взлетке, бассейновый комплекс парка «Прищепка» в Октябрьском районе, комплекс «Океан» в парке имени Гагарина (Октябрьский район) и в ЖК «Белые росы» (Свердловский район), комплекс «Дрокино парк» в пригородном поселке Дрокино и «Бархат-парк» в поселке Бархатово, акватория «Ермолаево» в Березовском

[5] СП 131.13330.2020. Строительная климатология. М., 2019.

[6] О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году : гос. докл. Красноярск, 2020. С. 80—100. URL: http://mpr.krskstate.ru/dat/bin/art/45884_svodnij_doklad_2019.pdf.

районе, несмотря на платное посещение. Есть благоустроенные пляжи на естественных водоемах: на острове Отдыха напротив Ярыгинской набережной и на водохранилище реки Бугач (озеро на Мясокомбинате), пляжные зоны на острове Татышева в районе Октябрьского и вантового мостов, предназначенные только для принятия солнечных ванн и активного отдыха на песке. Рекреационное водопользование подразумевает «деятельность населения, связанную с отдыхом, спортом и туризмом на акватории и побережье водоемов» [10, с. 5]. Поэтому особо ценными объектами являются те, которые обладают совокупным потенциалом аквальных и территориальных комплексов, так как способны наиболее полно удовлетворить потребности жителей в отдыхе. Самые крупные из них и многофункциональные по видам досуга — острова Татышев и Отдыха. Малые реки, за исключением нескольких общественных пространств на реке Кача, игнорируются и исключаются из благоустроенных рекреационных пространств.

В общей структуре открытых общественных пространств (ООП) Красноярска по состоянию на 2021 г. объекты городского озеленения, относящиеся к акватории, — это набережные, пляжи, спортивные парки и так называемые естественные ландшафты пойм (табл.).

Статистика различных ООП, связанных с акваторией, по административным районам Красноярска[7]

Объект	Административный район	*S*, га
Естественный ландшафт пойменных территорий	Железнодорожный	7,32
	Октябрьский	50,48
	Свердловский	55,44
	Советский	158,85
	Всего	272,09
Набережная	Железнодорожный	0,81
	Кировский	1,45
	Ленинский	12,16
	Октябрьский	15,42
	Свердловский	22,71
	Советский	21,25
	Центральный	51,62
	Всего	125,41
Пляж	Центральный	2,49
	Всего	2,49
Спортивный парк	Центральный	60,59
	Всего	60,59

Это немного для крупного города, хотя поймы рек в пределах административной границы Красноярска составляют около 10 % от общей площади города, а протяженность города вдоль Енисея — примерно 30 км. К сожалению, градостроительное освоение ценных природных ландшафтов акваторий

[7] Открытые общественные пространства города Красноярска: методологические основы архитектурно-градостроительной регламентации формирования комфортной среды жизнедеятельности : отчет о НИР (рег. номер НИОКР № 121101500032-0 ; рук. Н. А. Унагаева; исполн. : О. Н. Блянкинштейн, Н. А. Попкова, М. В. Савельев и др.).

осуществляется не в пользу развития городских рекреаций. Водный кодекс РФ территориально ограничивает их прибрежной полосой шириной 30…50 м в зависимости от уклона берега[8], превращая зону рекреации у воды в узкие променады, сопровождаемые рядовой посадкой деревьев, часто замещаемые площадками различного функционального назначения и возможностью полюбоваться панорамными видами акватории. Действительно, если посмотреть внимательно на карту территориальных зон Красноярска, то узкая полоса вдоль водных объектов Р1 (рекреационная лесопарковая), например вдоль правого берега Енисея, составляет не более 30 м, при том, что граничит она с многоэтажной высокоплотной высотной застройкой (Ж-4) на намывных территориях и по сути является инженерным сооружением берегоукрепления. Особо страдают малые реки. Каждая из малых рек имеет индивидуальные особенности рельефа долин, тем не менее в пределах города он значительно изменен хозяйственной деятельностью человека [11].

Следует отметить, что социологические опросы подтверждают наибольшую популярность пляжного отдыха среди других видов досуговой деятельности. Даже если жители не выезжают на отдых за пределы города или выбирают его окрестности, ими движет желание отвлечься от повседневной городской суеты. Тем более что пригородные районы Красноярска отличаются резкими контрастами природных условий. В южных и западных секторах Красноярской агломерации густые хвойные леса сочетаются с гористым рельефом, скальными обнажениями, неспокойными горными реками; для северного и восточного направления характерны преимущественно сопочный рельеф, степная растительность и относительно спокойные реки. Ландшафт Красноярской агломерации формируют уникальные природные доминанты: горно-таежные склоны Торгашинского хребта, живописные острова и водные просторы Енисея, скальные участки и многоплановые лесные массивы на склонах заповедника «Столбы». Географическая ситуация города насчитывает шесть зональных компонентов природного комплекса одновременно, чем не может похвастаться ни один город России. Под влиянием природных факторов — долин малых рек и Енисея, горных отрогов, являющихся основными осями природной среды, — формируется не только структура планировки города, но и основные оси экологического каркаса [12]. Поэтому, разрабатывая рекреационный каркас Красноярска, необходимо учитывать пригородные территории и целиком агломерационные процессы. Доминирующими факторами при освоении околоводных пространств являются эстетические свойства природного ландшафта, пригодность водоема для купания, ловли рыбы, доступность. Причем, как показывает практика, для большинства в выборе места отдыха именно эстетика ландшафта, раскрывающиеся виды на окружение более значимы, чем уровень развития инфраструктуры.

Оценка водоресурсного потенциала территорий для развития рекреационного каркаса города основывается в том числе и на анализе рельефа, не только с точки зрения пространственно-визуальной характеристики участка (живописность, выразительность и обзорность территории), доступности территории (уклон поверхности), но и как на одном из главных факторов,

[8] Водный кодекс Российской Федерации (с изм. на 1 мая 2022 г.). Ст. 50, 65. URL: https://docs.cntd.ru/document/901982862.

влияющих на климатические, почвенно-растительные, фаунические компоненты, а также экзодинамические процессы и характер распространения загрязненных воздушных масс в нижних слоях атмосферы. Влияние рельефа проявляется в форме ареалов распространения загрязнений, которые вытянуты в соответствии с основным направлением ветров и долин рек. По оценке К. С. Мокринца[9], наиболее загрязненной частью города является правый берег Енисея и территории, близкие к долинам рек Енисей и Бугач на левом берегу, где ареалы загрязнений совпадают с жилыми и промышленными районами практически полностью. В целом пойменные территории Енисея и притоков обладают средней степенью эстетической ценности, но при этом высокой доступностью для рекреационного использования (крутизна рельефа 0…3° и 3…6°)[10]. Поэтому, опираясь на многочисленные примеры мирового и теперь уже отечественного опыта, например Москвы, можно было бы пойменные территории в жилых районах рассмотреть как место организации особо охраняемых природных зон, границы которых определены морфологией рельефа, для действительного формирования экологического каркаса [13], с организацией рекреаций в буферной зоне для смягчения перехода от природного к урбанизированному ландшафтам. При этом не следует забывать о принципе гибкости регулирования границ «зеленого коридора» в зависимости от местных условий: гидрологического режима реки, выявленных градостроительных проблем, особенностей режима землепользования, видового разнообразия растений и животных и состояния природного комплекса [9]. Рекреационный комплекс — многоцелевая, полифункциональная структура, которая не только отвечает потребностям городского населения в отдыхе, но и может обеспечить рациональное использование природных ресурсов, в том числе и гидроресурсов, составляющих основу экосистем, тем самым усилив образовательную компоненту.

Современная водная политика в России направлена на устойчивое управление водными ресурсами, «осуществление мер по обеспечению экологической безопасности речных систем, восстановление и сохранение водноресурсного потенциала речного бассейна», «в этой связи возрастает роль планирования использования и охраны водных ресурсов на всех уровнях управления: местном, национальном и межгосударственном» [14, с. 8—9].

Водным кодексом РФ к водным ресурсам отнесены «поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы», а водный объект представляет собой «природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима». Водный фонд, согласно российскому законодательству, означает «совокупность водных объектов в пределах территории страны»[11].

Мировой опыт показывает, что начало процесса управления водными ресурсами связано с проведением комплексной оценки водопользования с привлечением экологов, гидрологов, гидробиологов, экономистов и других

[9] *Мокринец К. С.* Оценка геоморфологических условий территории г. Красноярска и его окрестностей как среды жизни человека : дис. … канд. геогр. наук : 25.00.25. Красноярск, 2012.

[10] Там же.

[11] Водный кодекс Российской Федерации (с изм. на 1 мая 2022 г.). Ст. 1. URL: https://docs.cntd.ru/document/901982862.

специалистов, что поможет обосновать предъявляемые требования к качеству водных источников. Интегрированное управление водными ресурсами на территории бассейнов рек осуществляется на основе административно-территориальных единиц, при согласовании экономических, социальных и экологических потребностей в них. Управление водными ресурсами направлено на достижение целей устойчивого развития ООН, принятых в 2015 г. Генеральной Ассамблеей [15]. Среди них: использование замкнутой системы оборота и повторно используемой воды, снижение воздействия на поверхностные водные объекты [16]. В управление водными ресурсами должно быть вовлечено как можно больше участников на государственном уровне, уровне региона, местном; глобальное водное партнерство — это рабочее партнерство между всеми, кто вовлечен в управление водными ресурсами: государственными учреждениями, частными компаниями, профессиональными организациями, многосторонними агентствами по развитию. И оно должно осуществляться в партнерстве с другими странами, особенно для принятия экологических программ в рамках трансграничных отношений [17].

Показательным комплексным примером управления водными ресурсами является политика г. Сиэтла, США, под лозунгом «Используйте воду с умом»[12]. В рамках региональной программы по сохранению водных ресурсов — партнерства Saving Water Partnership — осуществляется деятельность по следующим направлениям:

- экологически чистые решения для ливневой канализации, такие как дождевые сады и системы биоудержания, которые снижают поток ливневой воды и фильтруют загрязнение;
- улучшение среды обитания — сохранение естественной береговой растительности для поддержания водной среды обитания различных биологических видов, являющихся кормовой базой рыб, птиц, некоторых животных;
- зеленые крыши — технологии по сбору потоков дождевой воды, очистке для дальнейшего бытового использования в зданиях и полива элементов благоустройства. Зеленые крыши улучшают микроклимат, привлекают насекомых и птиц.

Эффективное использование воды помогает максимально снизить расходы на водоснабжение и канализацию, что позволило сократить водопотребление до уровня 1950-х гг.[13].

Ведущее европейское архитектурное и инженерное консалтинговое агентство Sweco[14] опубликовало в 2021 г. долгосрочную стратегическую инициативу Urban Insight, составленную на серии отчетов по научно-исследовательским работам экспертов компании на тему «Здоровье и благополучие в городах», которая дает представление об устойчивом городском развитии с точки зрения самих граждан и направлена на сохранение водных ресурсов: «здоровье нации напрямую связано с чистотой водных ресурсов» [18]. Программа опирается на три основных вектора развития:

[12] Seattle Public Utilities Information & Alerts. Use Water Wisely. URL: http://www.seattle.gov/utilities/protecting-our-environment/sustainability-tips/conserve-water.

[13] Green Stormwater Infrastructure in Seattle: Implementation Strategy 2015—2020. URL: https://www.12000raingardens.org/wp-content/uploads/2013/03/Overview-Expanded-Exec-SummarySMALLER.pdf.

[14] URL: https://www.sweco.fi.

1. «Восстановление пространства для воды и людей» направлено на восстановление естественных водных объектов, реабилитацию природных ландшафтов «голубых коридоров» в урбанизированных районах, в том числе и для восстановления естественного процесса стока, сбора, фильтрации и накопления дождевой воды. Причем управление поверхностным стоком должно стать главной целью ландшафтного решения любого открытого, а особенно рекреационного, пространства, с применением инновационных технологий «управления» климатом и поддержания баланса естественного круговорота воды. Разделение и повторное использование дождевой воды, а также сокращение потребления воды и объемов сточных вод являются частью решения на уровне конкретного жителя. Сбор сточных вод, а также очистка и внедрение «непитьевых» распределительных сетей в масштабах города — это задача властей. Исследователи показали, что вода может благотворно влиять на психическое здоровье людей через звук, визуальный и физический контакт с ней [19]. Поэтому наличие водных объектов в шаговой доступности снижает уровень психических расстройств, особенно тяжелой депрессии и биполярного расстройства.

2. «Восстановление природы в городах» — эта вторая стратегия, направленная на использование природы и почвы в процессах городского планирования для решения проблем, связанных с засухой и наводнениями. В качестве положительного примера используется концепция «города-губки» (sponge city) [20], не просто как сбалансированное соединение архитектурной массы и пространственной пустоты для поглощения дождевой воды в том месте, где она выпадает, но и как организация социально значимых пространств — мест для встреч людей, создания сообщества, обретения культурной самобытности и чувства принадлежности.

3. «Сокращение, повторное использование и очистка сточных вод». Технические инновации в управлении водными ресурсами лежат в основе формирования новой городской структуры и процветающего, здорового общества. Повторно используя воду, особенно в промышленном секторе, сельском хозяйстве, мы можем сократить общий объем водопотребления [21].

Принципы ресурсной оценки на ландшафтной основе территорий для их дальнейшего градостроительного развития применяются в учебно-методической деятельности кафедры градостроительства ИАиД СФУ. Уделяется внимание разработке природоохранных концепций в городе при учете природных и градо-экологических условий (рис. 3). Экспериментальная работа ведется с территориальным зонированием на уровне локальных регламентов, что представляется отдельными разделами в выпускных квалификационных работах бакалавров и магистров. Конечно, комплексная работа по формированию ландшафтно-водно-рекреационной структуры Красноярска, а лучше каркаса на уровне Красноярской агломерации, а в перспективе и Красноярского края, еще предстоит.

В исторической перспективе роль реки в структуре поселения менялась, но всегда оставалась главенствующей по отношению к другим компонентам природного комплекса. В XXI веке привычное водопотребление дополняется активным использованием водных объектов в досуговых целях. Не стал исключением и Красноярск с его сложной гидрографической сетью и сложной структурой природного комплекса. Взаимоотношения города и приречных

территорий не статичны, а имеют четкую динамику перехода от влияния реки на поселение к ситуации, когда поселение оказывает влияние на реку. Анализ мирового опыта показал, что рекреационное природопользование выходит на новый уровень — как инструмент реализации территориальных аспектов биосферно-совместимой градостроительной деятельности. Наряду с необходимостью оздоровления острой экологической ситуации в городах, большое внимание уделяется ресурсосбережению, предупреждению возникновения природно-техногенных чрезвычайных экологических ситуаций, а также учету проблем потепления климата и парникового эффекта. Требуется исследование фундаментальных основ регламентации территориально-пространственного развития городского округа Красноярска, с учетом агломерационных процессов, с целью формирования локальных нормативов. Только тогда можно будет говорить о рациональном природопользовании и рациональном управлении развитием территорий города. Для дальнейшего планирования рекреационного водопользования в городе необходимо не просто комплексно провести оценку водоресурсного потенциала всех территорий, но и зафиксировать результат в виде регионального ландшафтно-водно-рекреационного каркаса с введением кодового обозначения для разных районов, учитывающих особенности природного комплекса, функционального использования территорий и экологического состояния окружающей среды.

Рис. 3. Слева: принципы градостроительного зонирования прибрежных территорий, сформулированные Е. Каракуловой в магистерской диссертации (рук. Н. А. Унагаева); справа: подбор растительности в парке «Прищепка» с учетом водосбора ручья Серебряный, биоразнообразия и функционального зонирования проектируемой территории, выпускная квалификационная работа С. Дыриной (рук. Н. А. Унагаева, Н. А. Попкова)[15]

Город, где люди находятся в контакте с водой и друг с другом, где естественная среда обитания предоставляет жителям множество экологических, санитарно-гигиенических, эстетических, образовательных и т. п. услуг, а также варианты альтернативной мобильности, особо пригоден для жизни и играет важную роль в борьбе с экологическими проблемами планетарного масштаба.

[15] Методический фонд кафедры градостроительства ИАиД СФУ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стриганова Т.* Где зимуют сотни судов, буксиров и барж? Фоторепортаж из затона у «Южного берега» со столетней историей. URL: https://ngs24.ru/search/?keywords=Где%20зимуют%20сотни%20судов,%20буксиров%20и%20барж%3F%20Фоторепортаж%20из%20затона%20у%20«Южного%20берега»%20со%20столетней%20историей.

2. *Захарченко Е. К., Царев В. И.* Набережная сибирского города: этапы формирования (на примере г. Красноярска) // Вестн. Томского гос. архитектур.-строит. ун-та. 2017. № 5. С. 9—28.

3. Набережная Енисея в Красноярске. Благоустройство и капитальный ремонт набережной реки Енисей в Красноярске от промзоны до набережной реки Кача. URL: https://prorus.ru/projects/Embankment-of-Yenisei-in-Krasnoyarsk.

4. *Гонина Н. В., Дворецкая А. П.* Архитектурное оформление набережной р. Енисей в 1960-х — начале 1980-х гг.: от проекта к воплощению // Баландинские чтения : сб. ст. IX науч. чтений памяти С. Н. Баландина : ч. 2. Новосибирск : Новосиб. гос. архитектур.-худож. акад., 2014. С. 202—209.

5. *Бакутис В. Э., Бутягин В. А., Лунц Л. Б.* Инженерное благоустройство городских территорий. М. : Стройиздат, 1971. 226 с.

6. *Горохов В. А., Лунц Л. Б.* Парки мира. М. : Стройиздат, 1985. 328 с.

7. Линч К. Образ города / Пер. с англ. В. Л. Глазычева ; под ред. А. В. Иконникова. М. : Стройиздат, 1982. 382 с.

8. Потенциалы развития открытых общественных пространств Красноярска / Н. А. Унагаева, И. Г. Федченко, А. Ю. Липовка, О. Н. Блянкинштейн, Н. А. Попкова, М. В. Савельев // Проект Байкал. 2021. Т. 18. № 70. С. 100—111.

9. *Унагаева Н. А.* Пойменные территории Красноярска: современное состояние и перспективы градостроительного развития // Современная архитектура мира. Вып. 16 / Отв. ред. Н. А. Коновалова. М. — СПб. : Нестор-История, 2021. № 1. С. 251—270.

10. *Андреева И. В.* Рекреационное водопользование: историография и стратегия изучения // Изв. АО РГО. 2017. № 3(46). С. 5—13.

11. *Хныкина М. А.* Геоморфология малых рек города Красноярска // Астрахан. вест. экол. Образования. 2019. № 1(49). С. 108—112.

12. *Авдеева Е. В., Антоненко О. В.* Анализ ландшафтного потенциала окрестностей г. Красноярска с градостроительных позиций // Хвойные бореальной зоны. 2014. Вып. XXXII. № 3-4. С. 7—11.

13. *Болысов С. И., Харченко С. В.* Городской рельеф как фактор комфортности проживания населения // Вестн. МГУ. Сер. 5. География, 2016. № 1. С. 21—28.

14. *Ясинский В. А., Мироненков А. П., Сарсембеков Т. Т.* Современные тенденции в совершенствовании управления водными ресурсами в государствах — участниках СНГ : отраслевой обзор № 19. Евразийский банк развития, 2013. 52 с.

15. *Rosen M. A.* Sustainable development: a vital quest // European Journal of Sustainable Development Research. 2017. Vol. 1(1). No. 2. URL: https://doi.org/10.20897/ejosdr.201702.

16. Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health / D. Pooja et al. (eds.). Sensors in Water Pollutants Monitoring: Role of Material, Advanced Functional Materials and Sensors. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020. Pp. 43—62. DOI: 10.1007/978-981-15-0671-0_4.

17. Practicality of integrated water resources management (IWRM) in different contexts / Kenji Nagata, Izumi Shoji, Tomohiro Arima et al. // International Journal of Water Resources Development. 2021. DOI: 10.1080/07900627.2021.1921709.

18. *Raes S., Savolainen T.* Urban Insight. Healthy water cities: From sewer to health booster. URL: https://www.sweco.fi/wp-content/uploads/sites/7/2021/09/UrbanInsight_Report_Healthy-water-cities_A4 English.pdf.

19. Types and characteristics of urban and peri-urban blue spaces having an impact on human mental health and wellbeing: a systematic review / F. Beute, Z. G. Davies, S. de Vries et al. // Technical report. EKLIPSE Working Group. UK Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK, 2020.

20. *Wang H., Mei C., Liu J., Shao W.* A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city // Sci. China Ser. E Technol. Sci. 2018. Vol. 61. Pp. 317—329.

21. *Angelakis A. N., Snyder S. A.* Wastewater treatment and reuse: past, present, and future // Water. 2015. Vol. 7. Pp. 4887—4895. URL: https://doi.org/10.3390/w7094887.

© Унагаева Н. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Унагаева Н. А. Сибирский город и река: особенности рекреационного водопользования в Красноярске // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 276—290.

Об авторе:

Унагаева Наталья Александровна — канд. архитектуры, доц., доц. каф. градостроительства, Сибирский федеральный университет. Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79/10, ауд. Р5-07; nataliav45@mail.ru

Natalia A. Unagaeva

Siberian Federal University

SIBERIAN CITY AND RIVER: FEATURES OF RECREATIONAL WATER USE IN KRASNOYARSK

The development of the planning structure of Krasnoyarsk is influenced by the complex structure of the natural complex. Water area of the Yenisei River with its tributaries and islands is actively used in the composition of the city. The analysis carried out by the author showed that the recreational potential of a complex hydrographic network is not used enough. Rational nature management requires recreational water use to move to a new level of territorial management. There is a need to develop a regional landscape, water and recreational framework in order to develop the ecological and aesthetic potential of the territories for the formation of a healthy and comfortable environment for life.

K e y w o r d s: recreational water use, recreational framework, river water area, territorial zone, Krasnoyarsk.

For citation:

Unagaeva N. A. [Siberian city and river: features of recreational water use in Krasnoyarsk]. *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], 2022, iss. 3, pp. 276—290.

About author:

Natalia A. Unagaeva — Candidate of Architecture, Docent, Siberian Federal University. 79/10, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 60041, Russian Federation; nataliav45@mail.ru

УДК 711.8

О. Г. Чеснокова, Н. Н. Антонова, В. Д. Чеснокова, М. Д. Журбенко

Волгоградский государственный технический университет

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ГОРОДСКИХ ПЛОЩАДОК ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ

В статье освещен вопрос современного состояния муниципальных площадок для сбора бытовых отходов населения. Исследована история вопроса. Представлен анализ практики в области утилизации мусора. Предлагается архитектурная концепция единой универсальной городской площадки для размещения мусорных контейнеров.

Проведено экспериментальное проектирование универсальной мусорной площадки. Представлены проектные предложения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: благоустройство города, площадки для утилизации бытовых отходов, архитектурная концепция.

Согласно п. 2.3.1. СанПиН 42-128-4690-88 «Санитарные правила содержания территорий населенных мест», по всей территории муниципальных образований должны быть предусмотрены специальные площадки для размещения мусорных контейнеров. В соответствии с документом площадка должна быть открытой, с водонепроницаемым бетонным покрытием, ограниченным бордюрами, с удобным подъездом для транспорта и желательно озелененной.

На сегодняшний день эта обязанность закреплена за администрацией районов, управляющими компаниями или ТОС на территориях индивидуального жилого строительства (ИЖС) и компанией-оператором по вывозу мусора. Управляющие компании и ТОС считают, что городские власти обязаны содержать площадки для сбора мусора, а администрации районов полагают, что наоборот. Организующая деятельность административных городских и районных органов отражена в целом ряде законодательных актов. Сами границы площадок, как правило, находятся вне пределов границ участков конкретных собственников[1]. Таким образом, существуют две взаимоисключающие позиции сторон, что и привело к тому, что зачастую внешний вид и состояние мусорных площадок на территории Волгоградской области и в Волгограде сильно разнятся.

Актуальность тематики. Актуальность организации мусорных площадок в Волгограде на муниципальном уровне неоспорима.

Особенно актуален этот вопрос для территорий ИЖС. Капитальное обустройство контейнерных площадок — это капитальные вложения в коммунальную инфраструктуру. Собственников частных домов, расположенных на удалении от такой площадки, не интересует, как выглядит место для сбора мусора. Как следствие, все проблемы ложатся на плечи конкретного домовладения, граничащего с мусорной площадкой. Именно это домовладение заинтересовано в благоустройстве площадки, своевременном вывозе мусора, капитальном покрытии и ограждении.

[1] Кто отвечает за контейнерные площадки? // Твердые бытовые отходы. 2015. № 1(103). С. 44—47.

Неблагоустроенное место сбора мусора пагубно влияет на облик придомовых территорий, создает визуально непривлекательную среду, ухудшает психоэмоциональное состояние человека, способствует развитию вандализма и преступности (рис. 1).

Рис. 1. Площадка, расположенная по ул. Рублева в Ворошиловском районе Волгограда

Дополнительной проблемой является отсутствие дворника на территориях частного сектора. Компания-оператор по вывозу мусора устраивает эпизодические зачистки территории, но не всегда своевременно. Сильный ветер и дикие животные не дожидаются оператора, проводящего зачистки по регламенту. Мусор разносится по округе, загрязняя окружающую застройку, открытые пространства, грунтовые воды и прилегающие водоемы.

До сих пор не определено конкретное лицо, ответственное за данную функцию по законодательству, которое и будет нести юридическую ответственность за экологическую катастрофу местного масштаба.

На рис. 2 видно, что значительную часть мест для расположения мусорных баков и площадкой назвать сложно, так как нет ни бетонного покрытия, ни ограждения, ни окружающего озеленения.

Рис. 2. Площадка, расположенная по ул. Азизбекова в Ворошиловском районе Волгограда

Таким образом, становится ясно, что вопрос обустройства площадок для сбора бытовых отходов населения не решен в Волгограде.

Цели и задачи исследования:

- участие в национальном проекте «Жилье и городская среда»;
- представление архитектурной концепции унифицированной площадки для сбора мусора, позволяющей привести к единому художественному образу все места для сбора мусора;
- создание локального городского бренда;
- сокращение расходов на возведение каждой отдельной площадки за счет оптимизации решения и унификации его элементов.

Теоретическая база работы. Анализ российского и зарубежного опыта

По данной тематике были опубликованы результаты исследований следующих авторов: О. В. Шевелева, Л. И. Вобликова, В. С. Латушкина, Е. В. Шагиева, Е. А. Баранская, О. Г. Чеснокова, А. Ф. Жарков, Н. Н. Антонова, Н. В. Иванова, И. В. Скворцова, А. А. Исачкин, E. K. Kolodner, M. S. Johnstone, P. J. G. C. Weemeeuw, S. Hong, M. S. Lam, В. Ю. Глазунова, К. И. Колодин, Г. М. Золотарев, R. K. Rai, M. Nepal, M. S. Khadayat, B. Bhardwaj, В. Корнеева, I. Krasniqi, I. Zeqiri, Sh. Kelemendi, H. Bartelings, T. Sterner, V. Nevrlý, R. Šomplák, L. Szásziová, К. Р. Якоби, С. В. Скворцов, Е. М. Короткин, М. Б. Короткин [1—24].

В области организации сбора мусора на мировом уровне происходят заметные изменения. Сейчас наступила эра понимания, что вопросы экологического подхода к утилизации отходов населения невозможно не контролировать на государственном уровне.

Так, во многих городах заваривают существующие мусоропроводы в многоэтажных домах и организовывают мусорные площадки для раздельного сбора мусора [25]. Внедрение раздельного сбора мусора в практику на сегодняшний день проходит с трудом.

Основной причиной недобросовестного отношения горожан к раздельному сбору мусора по результатам исследований стали:

- отрицательный пример старшего поколения, не желающего перестраивать свои привычки, — 38,5 %;
- плохая организация вывоза мусора — 37,5 %;
- грязная территория вокруг мусоросборной площадки — 24 % [25].

Таким образом, социальными препятствиями для организации раздельного сбора мусора являются недостаточная сформированность эколого-гигиенического мышления, низкий уровень ответственности за будущее своего города, отсутствие готовности лично участвовать в решении экологических проблем региона.

К экономическим мотиваторам можно отнести регулирование стоимости вывоза мусора. Вывоз сортированного мусора необходимо сделать для населения дешевле, чем несортированного [1]. Предлагается расширить социальную рекламную и просветительскую деятельность, активнее привлекать внимание населения к проблемам переработки и сортировки мусора.

Создание унифицированной типовой серии городских мусорных площадок не только увеличит привлекательность города, но и создаст прецедент для привлечения внимания населения к теме раздельного сбора мусора.

Существующие в городе площадки для раздельного сбора мусора набирают популярность. Социально активные жители готовы привозить туда рассортированный мусор даже издалека [2].

Исследования в этой области должны привести к росту введенных в эксплуатацию продуманных унифицированных объектов.

Какой должна быть площадка для сбора мусора и насколько важен дизайн контейнерных площадок? Она должна быть удобной, вписываться в архитектурный облик микрорайона, цветовая индикация категории мусора должна быть понятна населению [1]. Все контейнеры должны иметь крышки. Это защита не только от осадков, но и от сильного ветра и диких собак, старающихся найти себе пищу и вытягивающих из контейнера пакеты с отходами жизнедеятельности человека. Разбросанная по округе использованная туалетная бумага, памперсы не придают привлекательности городу. Это иногда дает повод некоторым жителям не подходить к площадке, а выбросить свой пакет где-нибудь в сторонке.

Площадка должна быть освещена [3]. Необходимо обеспечить удобство пользования площадкой как для жителей, так и для сотрудников регионального оператора по вывозу отходов. Логично, что контейнерная площадка должна если не украшать город, то во всяком случае гармонично вписываться в окружающий городской ландшафт [1].

Площадка для мусора должна принадлежать городу, а не управляющим компаниям или ТОС. Единая стратегия внешнего вида (бренда), качество уборки мусора, контроль за состоянием площадок должны быть централизованными[2]. Существующие в городе проблемы экологии наглядно показали необходимость централизации подхода к решению проблемы уборки мусора [4]. Аналитические и практические исследования в области аэродинамического продува квартальной застройки говорят о наличии высоких ветровых нагрузок и большом количестве зон турбулентности в городском ландшафте [5].

Критерии оценки качества мусорной площадки:

- долговечность и практичность используемых для возведения материалов;
- доступность, удобство подхода для жителей и оператора по вывозу мусора;
- экологичность используемых при строительстве, уместных для конкретной местности материалов;
- экологичность эксплуатации, невозможность токсичного воздействия на окружающую застройку;
- организация композиционной схемы объекта на основе модульного конструктива;
- создание простого в возведении типового объекта;
- просматриваемость площадки, дающая возможность безопасного пользования;
- проветриваемость площадки;
- современный дизайн, привлекающий внимание жителей, обеспечивающий благоприятный эмоциональный фон для горожан;
- архитектурная выразительность, уместность, грамотное пространственное построение территории для размещения площадки;
- целостность архитектурного замысла [16].

[2] Верховный Суд РФ. Свалка не может находиться в собственности поселения // Муниципальная экономика. 2011. № 3(47). С. 49—50.

Далее представлены проектные разработки (рис. 3—7).

Рис. 3. Модель предлагаемого объекта

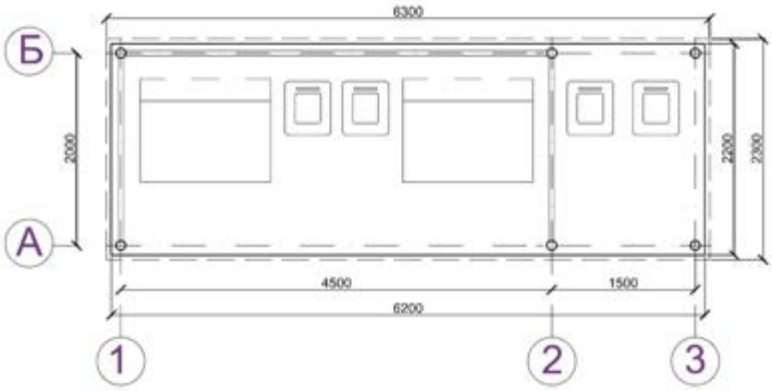


Рис. 4. План предлагаемого объекта

В предлагаемой архитектурной концепции смоделирована площадка размером 6200 × 2200 мм, обеспечивающая установку двух крупных и четырех небольших контейнеров. Раздельный сбор мусора предполагает, что те или иные виды мусора бывают представлены в небольших объемах. Поэтому предлагаются разные размеры баков.

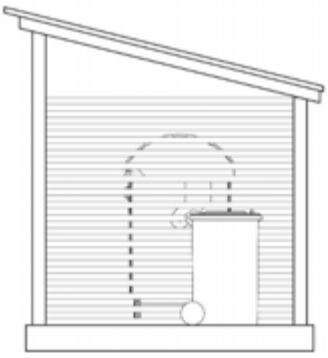


Рис. 5. Боковой фасад предлагаемого объекта

Высота сооружения до нижнего свеса кровли 2000 мм, до верхнего — 2600 мм. Высота бетонного основания 200 мм.

Размеры используемых металлических конструкций:

- опоры диаметром 100 мм;
- прогоны — труба 60 × 30мм;
- кровля — стальной профилированный лист;
- ограждение — труба 50 × 20 мм.

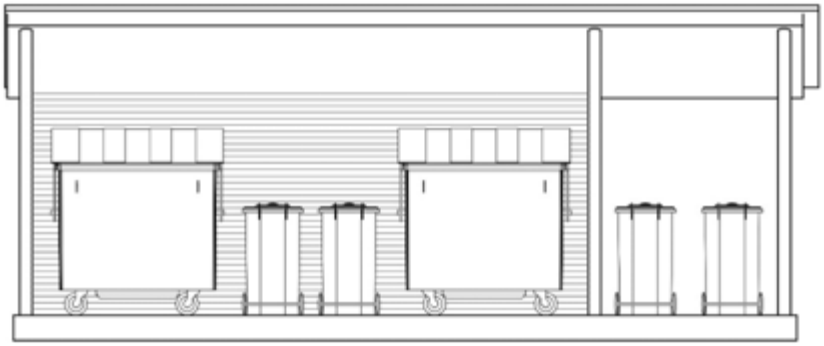


Рис. 6. Главный фасад предлагаемого объекта

В предлагаемой архитектурной концепции смоделировано современное сооружение, соответствующее направлениям устойчивой архитектуры и зеленого строительства. Рассматриваемое сооружение рассчитано на унификацию и оптимизацию элементов благоустройства города.

Рис. 7. Визуализация объекта

Заключение

Практика раздельного сбора мусора в России находится в начальной стадии развития.

Для того чтобы избежать катастрофического изменения климата, необходимо активизировать исследования в области экологического строительства.

Существующих мероприятий по внедрению раздельного сбора бытовых отходов недостаточно, поэтому необходимы дальнейшие исследования и конкретные действия в этом направлении.

Необходимо обратить особое внимание на внедрение унифицированных типовых элементов в городской ландшафт, что снизит затраты на благоустройство города, улучшит внешний вид города и повысит экологическую стабильность региона.

При разработке проектных предложений необходимо учитывать мировой опыт в сфере проектирования площадок для сбора мусора, использовать существующие разработки, применять современные экологические тенденции в проектировании, учитывать новые аспекты современных условий городской застройки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шевелева О. В.* Идеальное мусороудаление: я так вижу // Твердые бытовые отходы. 2016. № 4(116). С. 20—23.

2. *Вобликова Л. И.* Раздельный сбор в отдельно взятом доме // Твердые бытовые отходы. 2017. № 6(132). С. 53.

3. *Латушкина В. С.* Анализ зарубежного и отечественного опыта архитектурного благоустройства дворовых территорий многоквартирных жилых домов с учетом современных требований // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 1—20 мая 2019 г. Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. С. 352—359.

4. *Шагиева Е. В., Баранская Е. А., Чеснокова О. Г.* Проблемы экологии города Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2015. № 39(58). С. 110—118.

5. *Жарков А. Ф., Чеснокова О. Г.* Аэродинамический продув квартальной застройки // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2015. № 39(58). С. 26—34.

6. *Селиванова Н. В., Антонова Н. Н.* Мусорные урны в архитектурной среде города // Ежегодная науч.-техн. конф. проф.-препод. состава и студентов Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та : материалы конф. : в 2 ч., Волгоград, 29—30 апр. 2014 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. С. 181—184.

7. *Егунова Н. С., Иванова Н. В., Антонова Н. Н.* Идеальный город // Ежегодная науч.-техн. конф. проф.-препод. состава и студентов Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та : материалы конф. : в 2 ч., Волгоград, 29—30 апр. 2014 г. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. С. 67—70.

8. *Иванова Н. В., Антонова Н. Н.* Пространственное моделирование городской среды и ее реконструкции формами малой архитектуры // Архитектура и дизайн в современном обществе: российский опыт и мировые тенденции : материалы Всерос. науч. конф., Екатеринбург, 23—24 окт. 2012 г. Екатеринбург : Уральская гос. архитектур.-худож. акад., 2012. С. 127—129.

9. *Винокурова А. В., Чеснокова О. Г., Журбенко М. Д.* Стандарты зеленой сертификации // Фундаментальные и прикладные науки сегодня : материалы XXVII междунар. науч.-практ. конф., North Charleston, USA, 6—7 дек. 2021 г. Morrisville, NC, USA : LuluPress Inc., 2021. С. 1—5.

10. *Скворцова И. В., Исачкин А. А.* Раздельный сбор ТБО в Санкт-Петербурге: преимущества, проблемы внедрения, перспективы // Реструктуризация экономики и инженерное образование: проблемы и перспективы развития : сб. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 27 мая — 2 июня 2015 г. СПб. : Санкт-Петербург. политехн. ун-т Петра Великого, 2015. С. 100—106.

11. *Kolodner E. K.* Atomic incremental garbage collection and recovery for a large stable heap, 1993. 1 p.

12. *Johnstone M. S.* Non-compacting memory allocation and real-time garbage collection, 1999. 1 p.

13. *Weemeeuw P. J. G. C.* Two parallel garbage collection algorithms for Prolog, 1995. 1 p.

14. *Hong S.* An economic analysis of household recycling of solid wastes: The case of Portland, Oregon, 1993. 1 p.

15. *Lam M. S.* Improving locality via garbage collection, 1993. 1 p.

16. *Глазунова В. Ю., Колодин К. И.* Архитектурный инструментарий для системного подхода к организации контейнерных площадок для сбора мусора // Современное строительство и архитектура. 2019. № 1(13). С. 4—8. DOI: 10.18454/mca.2019.13.1.

17. *Золотарев Г. М.* Раздельный сбор отходов — принципиально новая экологически чистая технология сбора, перевозки, сортировки и захоронения твердых коммунальных отходов // Градостроительство. 2015. № 6(40). С. 14—19.

18. *Rai R. K., Nepal M., Khadayat M. S., Bhardwaj B.* Improving municipal solid waste collection services in developing countries: A case of Bharatpur Metropolitan City, Nepal // Sustainability. 2019. Vol. 11. No. 11. P. 3010. DOI: 10.3390/su11113010.

19. *Корнеева В.* Заглубленные контейнеры для сбора бытовых отходов // Твердые бытовые отходы. 2014. № 4(94). С. 24—25.

20. Waste management action plan for the municipality of Prishtina / I. Krasniqi, I. Zeqiri, Sh. Kelemendi et al. // 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2011, Albena, Bulgaria, 20—25 июня 2011 г. Sofia: СТЕФ92 Технолоджи, 2011. Pp. 755—762. DOI: 10.5593/sgem2011/s20.180.

21. *Bartelings H., Sterner T.* Household waste management in a Swedish municipality: determinants of waste disposal, recycling and composting // Environmental and Resource Economics. 1999. Vol. 13. No. 4. Pp. 473—491.

22. *Nevrlý V., Šomplák R., Szásziová L.* Offshore conceptual plastic waste collection and treatment towards clean ocean // Waste and Biomass Valorization. 2021. DOI: 10.1007/s12649-021-01474-2.

23. Комплекс для сбора и обработки отходов : пат. 110303 U1 Рос. Федерация : МПК B09B 3/00, B65F 5/00 / К. Р. Якоби, С. В. Скворцов. № 2011118182/13 ; заявл. 05.05.2011 ; опубл. 20.11.2011.

24. Контейнерная площадка для раздельного сбора твердых бытовых отходов : пат. 92854 U1 Рос. Федерация : МПК B65F 5/00, B65F 9/00 / Е. М. Короткин, М. Б. Короткин. № 2009148303/22 ; заявл. 24.12.2009 ; опубл. 10.04.2010.

25. *Балашкина М. С., Вергей А. Г., Монид А. С.* Оценка отношения молодежи к раздельному сбору твердых бытовых отходов // Актуальные проблемы гигиены и экологической медицины : сб. материалов V межвуз. студ. заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Гродно, 20 дек. 2019 г. / Отв. ред. И. А. Наумов. Гродно : Гродненский гос. мед. ун-т, 2020. С. 26—29.

© Чеснокова О. Г., Антонова Н. Н., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д., 2022

Поступила в редакцию
в мае 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Чеснокова О. Г., Антонова Н. Н., Чеснокова В. Д., Журбенко М. Д. Архитектурные предложения по благоустройству городских площадок для утилизации бытовых отходов населения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 291—299.

Об авторах:

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

Антонова Наталья Николаевна — доц. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Волгоград, 400074, ул. Академическая, 1; antonovann.nata@mail.ru

Чеснокова Варвара Дмитриевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Журбенко Марина Дмитриевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Marina970504@yandex.ru

Oksana G. Chesnokova, Natal'ya N. Antonova, Varvara D. Chesnokova, Marina D. Zhurbenko

Volgograd State Technical University

ARCHITECTURAL PROPOSALS FOR THE IMPROVEMENT OF URBAN SITES FOR THE DISPOSAL OF HOUSEHOLD WASTE OF THE POPULATION

The article highlights the issue of the current state of municipal sites for the collection of household waste of the population. The history of the issue is investigated. The analysis of the world theory and practice in the field of waste disposal is presented. The architectural concept of a single universal urban site for the placement of garbage containers is proposed. An experimental design of a universal garbage dump has been carried out. Project proposals are presented.

K e y w o r d s: landscaping of the city, sites for the disposal of household waste, architectural concept.

For citation:

Chesnokova O. G., Antonova N. N., Chesnokova V. D., Zhurbenko M. D. [Architectural proposals for the improvement of urban sites for the disposal of household waste of the population]. *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], 2022, iss. 3, pp. 291—299.

About authors:

Oksana G. Chesnokova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; oxxxana72@yandex.ru

Natal'ya N. Antonova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; antonovann.nata@mail.ru

Varvara D. Chesnokova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Marina D. Zhurbenko — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Marina970504@yandex.ru

УДК 721.011:627.3

И. Н. Етеревская, С. Е. Стеценко, Н. А. Ястребова

Волгоградский государственный технический университет

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕНОВАЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Обоснована актуальность развития городских прибрежных территорий. Исходя из отечественного и зарубежного опыта проектирования, выявлены основные направления их преобразования. На основе анализа функциональных, планировочных, транспортно-пешеходных, ландшафтно-экологических и эстетических факторов сформулированы основные проблемы прибрежных территорий Волгограда и приведены результаты комплексной оценки их состояния. Сформулированы принципы и методы преобразования прибрежных территорий, разработаны модели для каждого типа прибрежной территории Волгограда и предложения по их организации и дальнейшему развитию.

Ключевые слова: прибрежная территория, реновация прибрежной территории, ландшафтно-градостроительная организация, благоустройство набережной, рекреационная зона.

Процесс реновации прибрежных территорий в современных условиях является частью глобальных преобразований городов в рамках концепции устойчивого развития. Активизация качественного преобразования береговых зон зачастую связана с обострившимися проблемами экологического, пространственно-планировочного, функционального, ландшафтно-эстетического характера, требующими разработки мер по их устранению, направленных на гармонизацию и повышение качества среды. Очевидно, что прибрежные территории обладают значительным природно-рекреационным потенциалом, являются носителем исторических типов городских ландшафтов и могут рассматриваться как основа для идентификации среды города [1, 2]. Прибрежные территории являются контактной зоной между природной доминантой — рекой и урбанизированной городской застройкой, и их эффективная ландшафтная организация будет способствовать повышению устойчивости городской среды [3—8]. В ходе исторического развития именно береговые территории обладают максимальной степенью освоения и наиболее заметной деградацией, на них формируются самые выразительные панорамы и контрастные сочетания разных функций. Благодаря своим богатым ресурсам прибрежные зоны по всему миру исторически являются ценными территориями и районами с высокой плотностью населения. Это вызывает интерес к изучению возможностей пространственно-планировочного и ландшафтного формирования прибрежных территорий.

Анализ исследований отечественных и зарубежных градостроителей[1] [9—11] показывает, что, несмотря на значительную теоретическую базу,

[1] *Задворянская Т. И.* Ландшафтно-градостроительная организация рекреационных зон в структуре прибрежных территорий крупных городов (на примере Воронежа) : автореф. дис. ... канд. архитектуры : 18.00.04. СПб., 2009. 22 с.

Вязовская А. В. Аспекты преобразования и развития городских приречных территорий : автореф. дис. ... канд. архитектуры : 18.00.04. М., 2012. 24 с.

Маташова М. А. Эколого-градостроительная оптимизация приречных территорий (на примере г. Хабаровска) : автореф. дис. ... канд. архитектуры : 05.23.22. СПб., 2011. 25 с.

представленная тема нуждается в развитии системного, комплексного подхода, направленного на экологическую оптимизацию среды, воссоздание культурного ландшафта и включение прибрежных городских территорий в планировочную структуру города в качестве природного каркаса, способного гибко и адекватно реагировать на изменяющиеся социальные, экономические, градоэкологические условия и возрастающие требования к качеству среды.

На основе сравнительного анализа опыта разработки и реализации проектов реконструкции и развития городских прибрежных территорий можно выделить основные направления в области их проектирования (рис. 1).

Рис. 1. Основные направления преобразования приречных территорий

А. Пространственно-функциональное преобразование, предусматривающее полную или частичную реорганизацию бывших промышленных объектов. У этого направления можно выделить т подхода:

1. С заменой первоначальной функции. Примером такого подхода является район Хафенсити (Гамбург, Германия). В рамках проекта развития территории было предусмотрено преобразование крупнейшего европейского порта в новый многофункциональный район, насыщенный разнообразными видами деятельности. Рефункционализация была обусловлена ценным расположением территории в центральной части города, что позволило увеличить территорию города на 40 %. При этом вода включается в градостроительный контекст и обретает новое значение, улучшается экология, повышается привлекательность места для жителей и туристов.

Методом замены первоначальной функции также была произведена реконструкция портовой территории в городе Осло (Норвегия), реконструкция Сэлдфордских доков в Манчестере (Англия).

2. С заменой первоначальной функции и сохранением исторического облика зданий. Данный прием был реализован на примере реконструкция набережной Иль-де-Нант (г. Нант, Франция), при этом активно использовалось богатое индустриальное наследие участка, в частности кораблестроительные объекты были оставлены на своих местах, но получили новое прочтение, а порт был перенесен в другое место. На месте бывшего порта было создано продолжение центральной пешеходной улицы и предусмотрены расчистка и благоустройство территории.

Этот же прием был использован при реконструкции территории порта Ольборга в Дании. Здесь часть портовых промышленных зданий была переоборудована под торговые, развлекательные, спортивные центры и административно-офисные функции. Некоторые сооружения превращены в музеи. Пространство между зданиями бывших фабрик использовано под площадки для активного отдыха, что способствовало привлечению горожан.

3. С дополнением новыми функциями. Прием может реализовываться несколькими путями:

- Через создание магнитов притяжения. Ими могут быть знаковые архитектурные объекты, как в проекте развития южного берега Темзы в Лондоне. Его основной идеей было создание музеев по проектам известных архитекторов. Выдающимися из них являются Музей дизайна, галерея Tate Modern, театр Шекспира «Глобус». Территория была дополнена новыми функциями: тихого отдыха, культурно-образовательной, развлекательной и оздоровительной. Для лучшей доступности территории была улучшена пешеходно-транспортная сеть: было проведено метро и построено три новых моста.
- Через повышение рекреационного потенциала прибрежных территорий за счет установки малых архитектурных форм и временных пляжей. Данный прием использован на набережной Кальвеборд (Копенгаген, Дания). Формирование неповторимого общественного пространства было достигнуто созданием многоуровневого криволинейного променада, подарившего городу несколько функций: прогулочную зону над водой, пляж, зону проведения спортивных занятий и праздников и активного отдыха у воды.

Рассмотренные примеры доказывают, что сохранение промышленного наследия при умелом использовании позволяет старому и новому гармонично сосуществовать, не нарушая исторический контекст города, основанный на уникальных элементах городской культуры.

Б. Изменение транспортно-пешеходной схемы

Перенос транспортных коммуникаций под землю. Прием был реализован на примере пешеходной зоны Мадрид Рио (Мадрид, Испания), сформированной на двух берегах реки Мансанарес. Основными целями проекта являлось оздоровление экологического состояния городской среды, преображение облика столицы Испании, повышение комфортности территории для горожан. Цели были достигнуты за счет перемещения транспортной магистрали М-30 в береговой зоне под землю, строительства метро, парковок. На поверхности остались только подъезды к отдельным объектам. Реконструкция приречной территории дала следующие положительные результаты: район Мадрид Рио стал одним из связующих звеньев между южной и центральной частью города, упрощен доступ жителей к реке, она стала одним из

самых посещаемых и любимых мест отдыха горожан и туристов, освобождены внушительные территории в центре города, ранее занятые транспортными магистралями, под новые общественные пространства, созданы новые жилые образования у реки, улучшено экологическое состояние в ходе восстановления русла реки и ее интеграции в городской ландшафт и эстетические показатели среды, восстановлена целостность городского пространства, повышена инвестиционная и туристическая привлекательность.

Замена транспортной коммуникации другой функцией (пешеходной схемой движения). Популярной тенденцией является переоборудование автомобильных или железных дорог береговых зон под другие функции. Примером такого подхода является обновление набережной в районе Ультимо (Сидней, Австралия), где было решено создать на месте железнодорожного коридора рекреационную общественно-пешеходную зону. В результате проведенных работ были получены следующие результаты: улучшилось экологическое состояние территории, увеличилась площадь озелененных территорий города, появилась активная социальная жизнь за счет включения новых функций: развлечений, зрелищ и спорта, более рациональное использование городской территории, городская среда стала более дружественной и гармоничной для человека, улучшены ее эстетические качества.

Таким же образом освобождена от транспортного движения южная набережная Темзы в Лондоне. В результате на месте магистрали возникла широкая набережная с озеленением и развитой общественной и культурно-развлекательной функцией. Несмотря на то, что на территории находится большое количество общественно-деловых зданий, ограниченность автомобильного движения не мешает деловому процессу.

Данные примеры свидетельствуют о том, что даже на первый взгляд непопулярные меры по частичному или полному ограничению транспортного движения в прибрежной зоне дают возможность повысить привлекательность пространства и сделать его новым центром притяжения для горожан.

В. Изменение пространственно-планировочных характеристик с организацией связи с прилегающими территориями

В ходе вдольберегового развития городские районы зачастую оказывались отрезаны от воды промышленными зонами, портовыми сооружениями, железными дорогами, что потребовало организации связей города и реки. Так, в Нью-Йорке в ходе реконструкции береговой территории ставилась задача связать побережье с остальным городом системой коммуникативных объектов. При этом была предусмотрена разработка следующих мероприятий: организация единой береговой зоны путем преобразования отдельных участков, перенос промышленных и портовых территорий на другие участки города, прекращение движения по автомагистралям и железным дорогам, находящимся на береговой территории, создание единой сети променадов, пешеходных маршрутов, организация разных видов активности в прибрежной зоне. Комплексное применение данных мероприятий позволило повысить социальную значимость территории, превратить берег в общедоступную территорию, повысить уровень благоустройства территории.

Преодоление отрезанности водных пространств от города также было одой из основных целей реконструкции набережных Гамбурга и Осло.

Г. Ландшафтные преобразования

Направление предусматривает сохранение и воссоздание существующего ландшафта и наряду с планировочными преобразованиями является актуальным и важным в развитии береговых территорий.

Сохранение и восстановление ландшафта предусматривалось проектом реконструкции береговой территории реки Хуанп в Шанхае (Китай). Ранее береговая линия была сильно загрязнена отходами промышленного производства, позже использовалась в качестве свалки промышленных отходов. В ходе реконструкции предусматривалось предотвращение последующей деградации ландшафта за счет создания водно-болотных угодий, посадки растений, поглощающих загрязняющие воду элементы, замены дамбы каменой насыпью, что способствовало распространению растительности и защите береговой линии от эрозии, создания террас для смягчения визуального перепада высот между берегом и дорогой; защита вод от загрязнений и естественная очистка воды; борьба с разрушениями при наводнениях, предусматривающая укрепление берега путем возведения противопаводковой подпорной стены. Комплексная реализация перечисленных мероприятий позволила улучшить экологические показатели и эстетические качества среды, повысить социальную активность и туристический интерес к береговой территории.

Создание новых ландшафтов. Иллюстрацией данного приема является проект реконструкции Крымской набережной, где транспортная магистраль была преобразована в ландшафтный парк. Проект предусматривал ландшафтное преобразование и создание искусственного ландшафта, формирование единой системы рекреационных пространств, проходящих через всю приречную территорию, объединенной сетью новых пешеходных связей, включение новых функций. Для достижения этих целей проведены следующие мероприятия: создание многоуровневого ландшафта, включающего искусственные холмы с декоративными травами, кустарниками и деревьями, искусственные водные объекты, наполнение среды элементами благоустройства и малыми формами.

Д. Устойчивое развитие и экология

Данное направление предусматривает развитие прибрежных территорий в рамках ограничений, способствующих сохранению окружающей среды, и возможности удовлетворения нынешних и будущих потребностей населения городов. Практика показала[2] [12, 13], что экологическая составляющая является неотъемлемой частью его развития. Для обеспечения устойчивого развития территории необходимо наличие системы экологических ограничений. Одним из видов таких ограничений являются буферные зоны, в роли которых выступают прибрежные территории, которые оделяют реку от урбанизированной городской застройки, защищают ценные природные экосистемы, сглаживают техногенные нагрузки на ландшафт. Буферная зона может состоять из озелененных массивов, используемых для рекреации (парков, зон тихого отдыха), из объектов торговли и обслуживания, из объектов культурно-массового и спортивно-оздоровительного назначения. Такое размещение функций поможет сделать территорию более доступной и полезной для горо-

[2] *Литвинов Д. В.* Градоэкологические принципы развития прибрежных зон: на примере крупных городов Поволжья : автореф. дис. ... канд. архитектуры : 18.00.04. СПб., 2009. 22 с.

да, а размещение востребованных объектов в непосредственной близости к общегородскому транспорту и жилой застройке позволит обеспечить более частое посещение населением природных прибрежных территорий.

Примерами использования принципов устойчивого развития могут послужить реализованные проекты: Баттери-Парк-сити в Манхэттене, проект реконструкции доков в Лондоне — Доклэндс, проект района Аккер-Бригге в Осло, район Хафен-сити в Германии.

Волгоград — это город на воде. Волга является основным элементом природного каркаса города, жизненно необходимым для разнообразных видов деятельности и развития города. А прибрежные земли являются особо ценными участками в широком градостроительном смысле — социально-экономическом, функционально-планировочном, рекреационном. Но, к сожалению, на всем протяжении своего развития именно эти территории подвергались значительным преобразованиям ландшафта, что в ряде случаев привело к необратимым изменениям природной подосновы. На сегодняшний день Волгоград является яркой иллюстрацией экстенсивного индустриального освоения прибрежных территорий. Такая ситуация делает актуальным поиск новых ландшафтно-градостроительных решений по их рефункционализации, преобразованию, совершенствованию планировочной структуры с позиций устойчивого городского развития.

Натурные исследования береговых территорий Волгограда и пофакторный анализ проводились исходя из функциональных, планировочных, транспортно-пешеходных, ландшафтно-экологических и эстетических факторов, что позволило сформулировать следующие проблемы [14]:

- общеструктурные проблемы — недостаточные транспортные и социальные связи и, как следствие, оторванность от основных городских процессов, перегруженность центральной зоны рекреационными и специфическими общегородскими функциями;
- недостаточное развитие, бедный состав объектов обслуживания и озеленения на приречных территориях периферийных районов;
- неразвитый ландшафтно-экологический каркас прибрежной территории;
- отсутствие концепции комплексного развития приречных территорий города, случайное новое строительство, постепенно приводящее к нарушению целостного восприятия приречной территории;
- недостаточно эффективное использование городских земель, значительные участки приречной территории заняты объектами промышленного, коммунально-складского назначения, ветхой застройкой, пустырями, деградирующими рекреационными зонами;
- необходимость комплексного благоустройства и озеленения, модернизации инженерной инфраструктуры.

Комплексный анализ городских прибрежных территорий (рис. 2), включивший оценку по 14 критериям, позволил установить, что наиболее благоприятная ситуация по функциональному насыщению, организации разнообразных транспортно-пешеходных связей, состоянию ландшафта, уровню благоустройства, эстетическим качествам среды характерна для прибрежной зоны Центрального района города. На порядок уступает по состоянию благоустройства и озеленения, качеству малых архитектурных форм, безопасности, функциональному насыщению прибрежная территория Красноармейского района.

Большим минусом территории является наличие агрессивного антропогенного воздействия промпредприятий на береговую зону. Прибрежные территории остальных районов характеризуются очень низким качеством благоустройства. Недостатки этих территорий схожи и выражаются в отсутствии благоустройства, комфортно организованных выходов к реке, безопасности нахождения. Самый низкий результат показал Кировский район: отличительной особенностью его прибрежных территорий является затрудненная транспортно-пешеходная доступность из-за наличия препятствия в виде железной дороги, густых массивов дикорастущей растительности и общей запущенности территории.

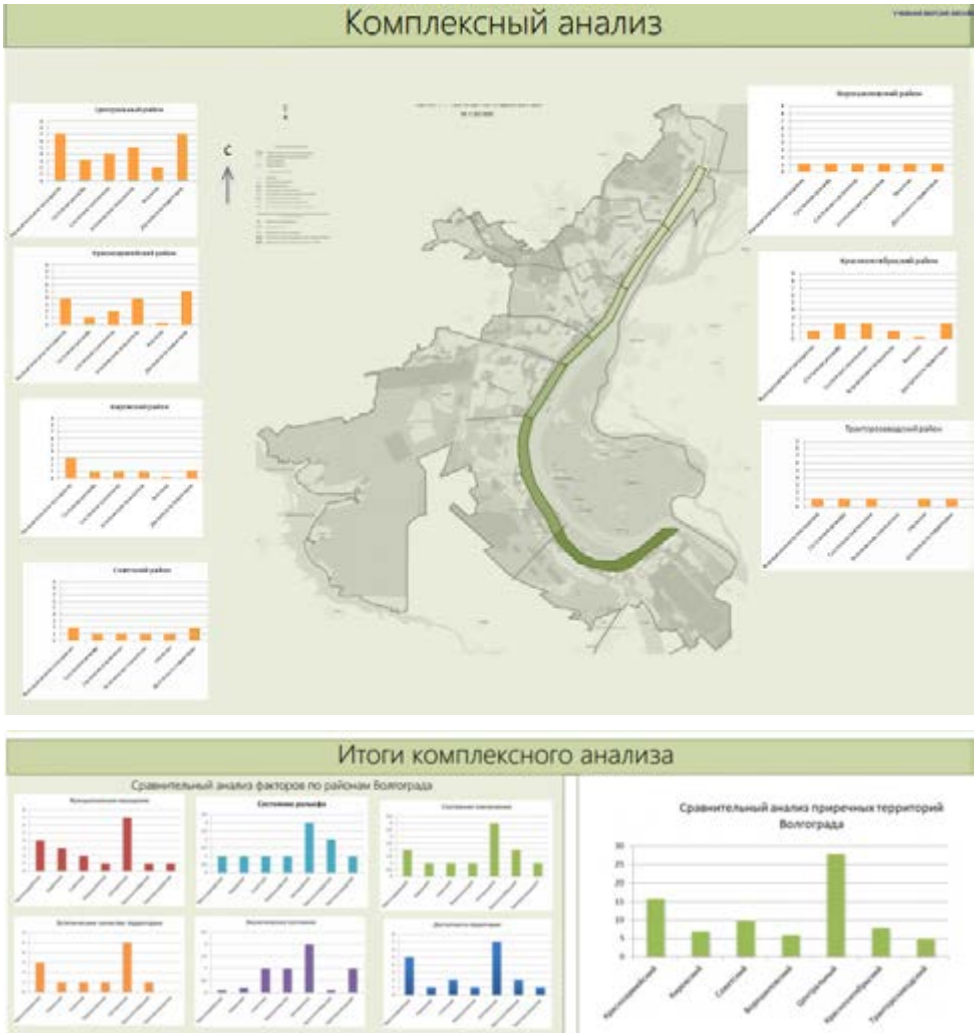


Рис. 2. Результаты комплексного анализа состояния прибрежных территорий Волгограда

Самыми слабыми сторонами прибрежных территорий города оказались: низкая посещаемость (кроме территорий Центрального района), ярко выраженная сезонность использования, низкая пешеходно-транспортная доступ-

ность, несоответствие требованиям безопасности (отсутствие освещения в темное время суток). Все прибрежные территории Волгограда подвержены интенсивному техногенному воздействию и нерационально используются, за исключением приречной территории Центрального района.

Исходя из этого, становится очевидной необходимость разработки принципов и методов по развитию городских приречных территорий, построения общих моделей развития для каждого типа градостроительных ситуаций Волгограда.

Анализ мирового опыта и теоретических исследований по эколого-градостроительной оптимизации прибрежных территорий позволяет сделать вывод о том, что решения по их реновации носят комплексный характер и формируются на основе экологического, планировочного, транспортно-пешеходного, функционального аспектов градостроительного преобразования. В связи с этим на основе обобщения и в увязке с пространственно-планировочными и ландшафтно-экологическими особенностями прибрежных территорий Волгограда можно сформулировать следующие принципы их организации.

Принцип функционального разнообразия реализуется через интеграцию рекреационных и разнообразных обслуживающих функций, их взаимосвязи внутри системы и в тесной взаимосвязи с прилегающими городскими территориями как основу длительной эксплуатации, создания устойчивых условий для разнообразных видов деятельности, в том числе рекреационной, с использованием природных ландшафтных особенностей территории.

Принцип открытости среды заключается в организации комфортного пешеходного и транспортного доступа на прибрежную территорию путем создания удобных планировочных связей внутри системы, приречной зоны с прилегающими жилыми структурами и глубинными территориями города.

Принцип планировочной организованности предполагает четкое структурирование планировочной структуры в увязке с существующими планировочными осями и модулем прилегающей территории, обеспечение удобных связей между одними функциональными зонами и изоляцию других, предусматривает обеспечение пространственно-планировочного единства путем создания системы открытых пространств общественного и рекреационного назначения, объединенных транспортно-пешеходными маршрутами, прямыми и косвенными смысловыми связями, что будет способствовать повышению экологической устойчивости территории и удобству функционального использования.

Принцип экологичности и устойчивого развития среды направлен на выявление и активное использование природного потенциала территории, увеличение природных компонентов, в том числе рукотворных, в структуре прибрежных территорий, предполагает выявления и сохранение в процессе проектирования ценных элементов архитектурно-ландшафтной среды, а также создание условий для гармоничного сосуществования старых и новых элементов ландшафта, для повышения устойчивости и распространения этого влияния вглубь города.

Принцип уникальности и узнаваемости предполагает сохранение и формирование в структуре прибрежной территории знаковых объектов, природных акцентов и доминант, выявление исторических символов места с целью

обеспечения нового эстетического качества среды — узнаваемости, создание туристической привлекательности и неповторимого облика среды, формирование речного фасада города.

Для организации новых и реабилитации существующих прибрежных территорий на основе предложенных принципов можно выделить основные группы методов формирования прибрежных территорий Волгограда.

1. Методы обеспечения пространственно-функционального разнообразия включают: замену первоначальной функции, утратившей свое первоначальное значение (промышленные, коммунально-складские, портовые зоны); развитие ранее существовавшей функции через ее сохранение, восстановление и развитие (реновация спортивных, рекреационных зон Кировского, Краснооктябрьского и Тракторозаводского районов Волгограда), развитие и дополнение в соответствии с современными требованиями комфортности и доступности среды; насыщение новыми функциями — заключается в создании нового обширного спектра функций на пустующей прибрежной территории.

2. Методы обеспечения планировочной организации прибрежных территорий предусматривают: формирование новой планировочной структуры территории — обеспечение доступа к реке, организация проездов и подъездов ко всем объектам, создание новых зеленых зон общего пользования; совершенствование существующей планировочной структуры через преобразование ранее заложенных планировочных элементов и дополнение новыми элементами планировки, позволяющее создать единую систему; развитие существующей планировочной структуры — создание новой планировочной структуры с включением прилегающих территорий, связь и пространственное разделение функциональных зон.

3. Методы создания открытой доступной среды для населения реализуются через: обеспечение доступности территории (создание новых активных транспортно-пешеходных связей внутри системы, прибрежной и береговой территории с селитебной зоной и общегородскими транспортными магистралями, непрерывных пешеходных и велосипедных связей посредством создания безопасных прогулочных и велосипедных маршрутов; совершенствование транспортно-пешеходной сети, включающее реконструкцию существующих дорог, продолжение развития транспортно-пешеходной сети, создание новых пешеходных направлений и преодоление отрезанности береговой зоны от жилой и общественной зон города.

4. Методы для обеспечения экологических свойств и устойчивости среды включают: создание новых рекреационных благоустроенных пространств — объектов озеленения общего пользования (набережных, зеленых коридоров), работы по увеличению общей площади природных и рукотворных ландшафтных компонентов на приречной территории; преобразование ландшафта с организацией склонов и береговой линии (укрепление берега, террасирование склонов), сохранение ценных участков рельефа, активное применение геопластики склонов и зеленых зон; ограничение стихийного использования прибрежной территории и сохранение буферной зоны, препятствующей агрессивному потреблению природных ресурсов приречной территории.

5. Методы организации уникальности и узнаваемости места предусматривают: сохранение и развития символов места — предполагается сохранение, восстановление и дальнейшее развитие существовавших ранее знаковых

исторических объектов, символов места на прибрежной территории; создание новых символов места — размещение знаковых объемных и ландшафтных объектов и уникальных пространственных ориентиров для создания своеобразия и узнаваемости среды; повышение эстетических показателей через использование, сохранение и восстановление природного своеобразия ландшафтов территории, благоустройство и озеленение прибрежной территории с использованием современных приемов ландшафтного дизайна, применение разнообразного дендросостава, оптимального для условий Волгограда.

6. Методы совершенствования композиционно-пространственной структуры включают: создание единой системы открытых пространств рекреационного назначения, объединенных с использование различных композиционных приемов (визуальный ориентир, единая смысловая ось, система акцентов и доминант, взаимосвязанных композиционных узлов, перетекание одного в другое, прямые и косвенные связи); создание крупных градостроительных ансамблей, формирующих волжский фасад города; гармоничное сосуществование старых и новых фрагментов городской среды.

Таким образом, для разработки наиболее актуальных предложений по преобразованию существующих и организации новых прибрежных территорий необходимо одновременное использование нескольких групп проектных методов исходя из конкретной градостроительной ситуации и степени сохранности природного ландшафта.

На основе изучения ситуации в Волгограде, с учетом особенностей размещения в планировочной структуре города (центр города, планировочные районы, срединная, периферийная зоны), наличия связей с элементами транспортно-пешеходной сети, особенностей функционального насыщения, степени сохранности и деградации природного ландшафта и его выразительности выявлены три модели для каждого типа прибрежной территории Волгограда и разработаны предложения по их организации и дальнейшему развитию.

Первая модель развития предназначена для территорий с уже существующими в том или ином виде рекреационными и обслуживающими функциями на прибрежной территории. Идеей реконструкции является проведение мероприятий, нацеленных на ее возрождение, дополнение и повышение привлекательности территории. Такая ситуация наблюдается на территории Краснооктябрьской набережной, где утрачена функция спорта. Похожий сценарий развития сложился в Кировском районе, где изначально был сформирован парк «Дружба». Там также существовало спортивное ядро, но в настоящее время парк находится в запустении. Схожее положение выявлено на прибрежной территории Тракторозаводского района (поселок Нижний Тракторный). В данном случае в состоянии деградации находится мемориальный парк и утрачена функция культуры и просвещения, которую выполнял Дворец культуры и техники: данные городские территории оказались отрезанными от основных транспортных магистралей и функциональных зон города, а изолированное существование привело к деградации и запустению некогда популярного участка.

Основная идея развития для этой модели (рис. 3) заключается в возрождении изначально существующей функции, дополнении ее сопутствующими обслуживающими и рекреационными функциями, а также в комплексном развитии территории.

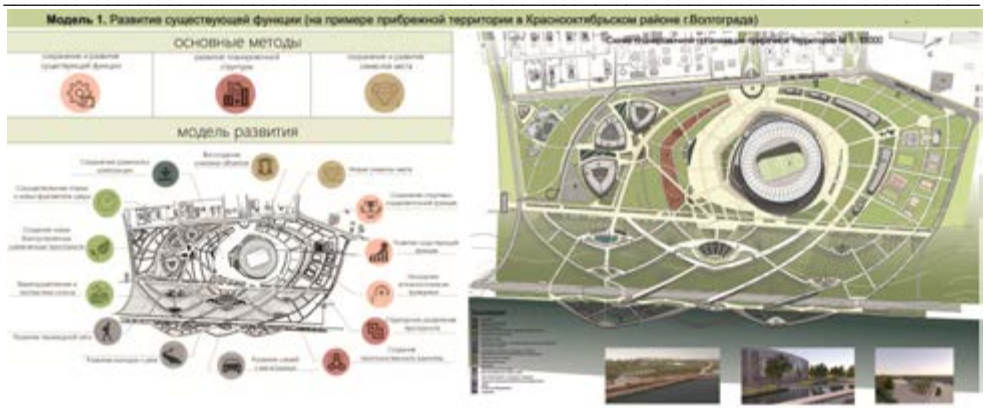


Рис. 3. Модель развития прибрежной территории, предусматривающая дополнение и развитие существующих функций (на примере набережной Краснооктябрьского района Волгограда)

Вторая модель развития затрагивает территории, для которых в процессе развития планировочной структуры города были предусмотрены выходы к воде и в дальнейшем предполагалось освоение береговой зоны, однако в процессе активных социально-экономических преобразований конца 80-х — начала 90-х гг. прошлого века развития этого типа территорий не произошло, и в настоящий момент они используются жителями для организации стихийных мест отдыха, выгула собак, парковки автомобилей и несанкционированных свалок бытового и строительного мусора. Данный случай наблюдается на прибрежных территориях микрорайонов Спартановка Тракторозаводского района, Тулака Советского района, части прибрежных территорий Красноармейского района. Приемы и мероприятия по развитию в рамках этой модели направлены на развитие изначально запланированных, но не осуществленных в течение последующего времени решений по планировке, на организацию инфраструктуры, насыщение недостающими функциями отдыха и обслуживания, совершенствование транспортно-пешеходной сети, преобразование и реабилитацию деградирующих ландшафтов (рис. 4).

Третья модель развития рекомендована для тех территорий, которые на протяжении длительного времени были заброшены и выведены из активной социально-экономической жизни города, в эту же категорию попадают бывшие промышленные, коммунально-складские и портовые территории, которые в настоящий момент выведены из производственного процесса и постепенно деградируют. В Волгограде такой территорией является территория Ворошиловского района в границах улиц Майкопской, Баррикадной и Консервной. В данной модели развития (рис. 5) все меры направлены на достижение цели формирования многофункционального общественного пространства в сочетании с объектами инфраструктуры на пустующей прибрежной территории. Для этой цели предусматривается насыщение участка новыми функциями, создание транспортно-пешеходной сети и системы рекреационных пространств, формирование композиционной структуры с четким выделением композиционных осей, акцентов, доминант и визуальных ориентиров пространства.

Рис. 4. Модель развития прибрежной территории, предусматривающая развитие существующих планировочных особенностей (на примере набережной микрорайона Спартановка в Тракторозаводском районе Волгограда)

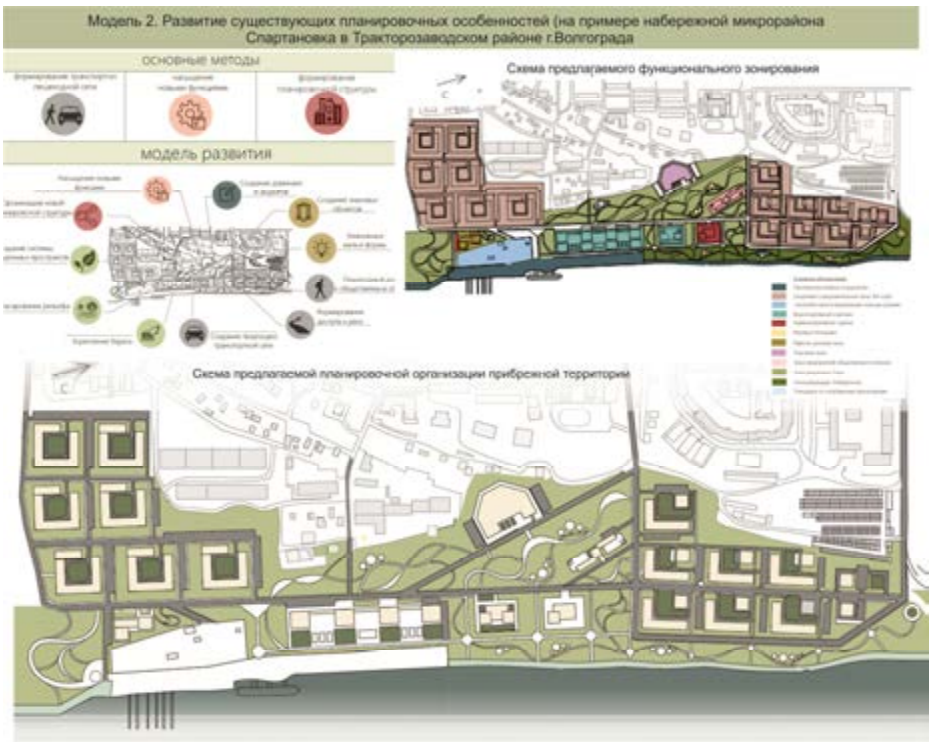


Рис. 5. Модель развития прибрежной территории, предусматривающая формирование новых функций (на примере набережной Ворошиловского района Волгограда)

Таким образом, в современных условиях прибрежные территории из системы инженерных сооружений и зон промышленного назначения превратились в архитектурно-планировочную зону, включающую элементы природы и урбанизированные ландшафты, что создает определенные предпосылки

для организации среды высокой выразительности и уникальности. В связи с этим реновация и реабилитация прибрежных территорий с позиции устойчивого развития и привлечения социальной активности населения становится актуальной и глобальной тенденцией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Dovey K.* Becoming places: urbanism/architecture/identity/power. New York : Taylor and Francis, 2010.

2. *Forman R.* Urban regions: ecology and planning beyond the city. Cambridge : Cambridge University Press, 2008. 408 p.

3. *Lussault M.* Grand (Le) Pari(s) Consulatation Internationale sur I'avenir de le metropole parisienne // Le Moniteur Architecture AMC. Avril 2009. Hors-serie. P. 260.

4. *Masboungi A., Gravelain F.* Penser la ville par le paysage. Paris : Edition de La Villette, 2002. 96 p.

5. *Corner J.* Terra Fluxus // The Landscape Urbanism Reader / Ed. Ch. Waldheim. 1st ed. New York : Princeton Architectural Press, 2006.

6. *Bruttomesso R.* Waterfronts: A New Frontier for Cities on Water. Venice : International Centre for Cities on Water, 1993. 352 p.

7. The Landscape Urbanism Reader / Ed. C. Waldheim. New York : Princeton Architectural Press, 2006. 295 p.

8. *Boyle A., Barrilleaux C., Scheller D.* Does walkability influence housing prices? // SocialScience Quarterly. 2014. Vol. 95. No. 3. Pp. 852—867.

9. *Большаков А. Г.* Проектирование городской набережной. Иркутск : Изд-во ИрГтУ, 2009. 120 с.

10. *Jirku A., Schroder T.* Berlin eine Stadt amWasse r// Garten + Landschaft. 2000. No. 2. S. 9—16.

11. *Jodidio Ph.* Architecture now! // Architektur heute = L'architecture d'aujourd'hui. London : Tashen, 2002.

12. *Красильникова Э. Э.* Ландшафтный урбанизм. Теория — Практика. Волгоград : ИАА «Областные вести», 2015. 156 с.

13. *Нефедов В. А.* Городской ландшафтный дизайн. СПб. : Любавич, 2012. 320 с.

14. *Етеревская И. Н., Сиренко Н. В.* Ландшафтно-градостроительная организация рекреационных зон в структуре приречной территории города // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 53(72). С. 157—166.

© Етеревская И. Н., Стеценко С. Е., Ястребова Н. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Етеревская И. Н., Стеценко С. Е., Ястребова Н. А. Основные проблемы и пути реновации прибрежных территорий современного города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 300—313.

Об авторах:

Етеревская Ирина Николаевна — канд. архитектуры, доц. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; eterevskaya_irina@mail.ru

Стеценко Светлана Евгеньевна — канд. техн. наук, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; stezenko-s@mail.ru

Ястребова Наталья Александровна — канд. ахитектуры, доц. каф. градостроительства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Yas_Na71@mail.ru

Irina N. Eterevskaya, Svetlana E. Stetsenko, Natalya A. Yastrebova

Volgograd State Technical University

MAIN PROBLEMS AND WAYS OF A MODERN CITY'S COASTAL TERRITORIES RENOVATION

The relevance of the urban coastal areas development is substantiated. On the assumption of domestic and foreign design experience, the main directions of their transformation are identified. Based on the analysis of functional, planning, transport-pedestrian, landscape-ecological and aesthetic factors, the main problems of Volgograd coastal territories are formulated and the results of their condition comprehensive assessment are presented. The principles and methods of coastal territories transformation are formulated, models for each type of Volgograd city coastal territory are developed, and proposals for their organization and further evolution are developed.

K e y w o r d s: coastal area, coastal area renovation, landscape and town planning organization, embankment improvement, recreational zone.

For citation:

Eterevskaya I. N., Stetsenko S. E., Yastrebova N. A. [Main problems and ways of a modern city's coastal territories renovation]. *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], 2022, iss. 3, pp. 300—313.

About authors:

Irina N. Eterevskaya — Candidate of Architecture, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; eterevskaya_irina@mail.ru

Svetlana E. Stetsenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; stezenko-s@mail.ru

Natalya A. Yastrebova — Candidate of Architecture, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Yas_Na71@mail.ru

УДК 711.4.01

О. В. Гагулина, Д. М. Алиева

Волгоградский государственный технический университет

БЛАГОУСТРОЙСТВО НАБЕРЕЖНЫХ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема влияния благоустроенных набережных пространств на городскую среду и развитие общества. Цель исследования — понять, насколько в современном мегаполисе важно взаимодействие человека с городской акваторией как с культурно-развлекательным и досуговым пространством и каким образом само общество влияет на формирование и использование набережных территорий. Проводится анализ примеров из российской и зарубежной практики.

Ключевые слова: набережная, благоустройство, общество, развитие.

Водные пространства, находящиеся в непосредственной близости от городов, всегда играли существенною роль в процессе их формирования. Акватория не только определяла планировочные аспекты и архитектурны облик, но и влияла на городскую культуру и традиции, повседневные городские практики, жизненный уклад[1].

Вода — один из самых ценных ресурсов для города. Испокон веков люди селились вблизи морей, рек и озер, служивших источником поддержания жизни. Вода формирует структуру города и повышает ценность городских пространств.

Прибрежные территории были одним из ключевых факторов градостроительного развития на протяжении всей истории. Но, помимо градообразующей функции, реки и моря служили торговыми и транспортными путями, экономическими и хозяйственными ресурсами. Вся жизнь городов была развернута к воде.

Рост урбанизации с середины XIX века привел к тому, что речной ландшафт постепенно утрачивал свои природные качества, преобразуясь в протяженную промышленную зону. Точка общественного притяжения перемещается в центр города, а его прибрежная часть превращается в цепочку производственных и складских объектов в составе промышленных или портовых территорий. Так городская жизнь отсекается от водных артерий, когда-то ее сформировавших.

Доминирующим методом стало преобразование, благоустройство и преимущественное использование береговой полосы для развития транспортной инфраструктуры. Образ городской набережной как транспортной магистрали с интенсивным движением стал характерным типом городского ландшафта XX века [1]. Похожую картину можно увидеть и на набережной Волгограда, которая оторвана от города протяженной автомобильной дорогой.

[1] *Емельянова А. А.* Комплексное формирование инфраструктуры прибрежных территорий как фактор устойчивого развития городской среды : магистер. дис. : 54.04.01. СПб., 2017. 163 с.

Волгоградская набережная хранит в себе все характерные следы градостроительных процессов, происходивших в советском обществе. Типология общественных пространств, и в частности прибрежных объектов, складывалась в условиях жесткого правительственного регламента [2]. Утопические проекты, предложенные для города в XX веке, напрямую повлияли на современный облик как всего города, так и его прибрежной части. Расположение вдоль Волги определило структуру городского пространства. Особую роль сыграла поточно-функциональная схема Н. А. Милютина, который в своем проекте для Сталинграда предложил зонирование города в виде параллельных функциональных «полос». В его схеме вдоль реки должна была размещаться парковая зона, но из-за существующих промышленных объектов на берегу Волги была реализована «инвертированная версия» проекта, что впоследствии негативно сказалось на развитии города, отрезав реку от городской жизни и повседневных городских практик [3].

В максимально урбанизированной среде современных больших городов прибрежные территории часто обладают нераскрытым экологическим потенциалом, способным вернуть опыт контакта с природой в жизнь горожанина. Закрепившийся в современной культуре тренд на устойчивое развитие и экологическая осознанность меняют подходы к освоению береговых территорий [4]. Сегодня важнейшим критерием развития города становится качество жизни. В этом отношении качественное и бережное освоение прибрежной части городского пространства рассматривается как ценный и уникальный ресурс для улучшения жизни в городе [5].

По данным GMI (Global Web Index)[2], время, которое люди тратят на социальные сети и всемирную паутину Интернет, увеличивается с каждым годом. Особый скачек новых пользователей заметен в 2020 г. (прирост на 2,4 % за год) из-за пандемии коронавируса, которая затронула различные аспекты жизни людей. Все это привело к увеличению цифровой активности, в связи с чем минимизировалось времяпровождение на открытом воздухе и активная физическая деятельность, тем самым создание современного прибрежного пространства дает новый формат отдыха, досуга и развлечений, так необходимых в наше время. Набережная способна предложить визуальный и звуковой комфорт, стать площадкой для здорового отдыха горожан всех возрастов [6]. Как никогда становится актуальной проблема дифференциации общества и нарушения социальных связей и навыков непосредственной коммуникации. Так, набережные могут стать не только территорией досуга, но и площадкой для новых форм социального взаимодействия, объединения и контакта социальных групп и городских сообществ на одной территории. И если центр города территориально жестко фиксирован, то прибрежные территории в большинстве случаев способны расти и видоизменяться в соответствии с общественным запросом.

На сегодняшний день особую актуальность приобретает тенденция возвращать водным пространствам их первоначальную значимость в жизни города. Безжизненные, закованные в бетон береговые пространства требуют переосмысления и реконструкции в связи с измененными представлениями

[2] URL: https://www.web-canape.ru/business/vsya-statistika-interneta-i-socsetej-na-2021-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii.

общества о работе с природным ландшафтом. Новый подход к проектированию набережных направлен на улучшение экологической ситуации в де[3] [7]. Учитывая новые вызовы и запросы, на береговых территориях создаются новые общественные площадки, пешеходные маршруты и веломаршруты. Особое внимание уделяется раскрытию культурного и исторического потенциала местности.

Помимо этого, модернизация прибрежных зон несет в себе и экономическую выгоду [8]. Повышается интенсивность жилищного строительства на прилегающих территориях, растет потребительский спрос и цены на жилье на прилегающих территориях[4].

Подходы к прибрежным территориям могут быть совершенно разными. Использование набережных территорий, особенности их формирования зависят от многочисленных факторов, таких как месторасположение, климат, континент, культура, менталитет и т. д.

В наши дни вопросу благоустройства прибрежных территорий уделяется большое внимание. На сегодняшнем этапе развития общества акценты смещаются в сторону создания устойчивой системы, при которой главной становится необходимость сохранения природного и экологического баланса [9]. Также смещаются приоритеты в проектировании в сторону создания комфортной среды для пешеходов и велосипедистов.

Производственные территории, разместившиеся вдоль берегов, встречаются не только в советской градостроительной практике, это общемировое «наследие» XX века. Повышенное внимание к экологичному формированию городской среды особенно проявляет себя в Скандинавских странах [10]. В столице Дании Копенгагене власти решили трансформировать прибрежные индустриальные территории в места отдыха жителей города. Авторы проекта реконструкции набережной Kalvebod Waves[5] архитектурные бюро JDS Architects и KLAR Architects считают, что вода является важной частью экологичного образа жизни и культуры современного человека. Поэтому совместно с местными властями было принято решение не застраивать береговую линию района Кальвебод-Брюгге, а расположить на данной территории многофункциональные рекреационные площадки. И если раньше это был исключительно деловой квартал, жизнь в котором останавливалась в конце рабочего дня, то новый проект благоустройства смог привлечь сюда разные социальные группы людей и стать местом культурных и образовательной событий (рис. 1).

Территория для строительства комплекса прибрежных сооружений в виде волнообразного променада была выбрана неслучайно (рис. 2). На расположение повлияли траектория движения солнца и роза ветров. Особую проблему создавали длинные тени от небоскребов (рис. 3). Но удалось найти участок с хорошей инсоляцией, что крайне важно в условиях скандинавского климата. Возможность позагорать на солнце привлекает не только работающих в данном районе горожан.

---

[3] *Большаков А. Г.* Градостроительная организация ландшафта как фактор устойчивого развития территории : автореф. дис. … д-ра архитектуры : 18.00.01. Иркутск, 2003. 46 с.

[4] URL: https://archsovet.msk.ru/article/gorod/sreda-dlya-zhizni-naberezhnye-kak-resurs.

[5] URL: http://www.berlogos.ru/article/naberezhnaya-prinadlezhit-cheloveku.

Рис. 1. Набережная Kalvebod Waves, Копенгаген, Дания

Рис. 2. Вид с воды на набережную Kalvebod Waves в Копенгагене

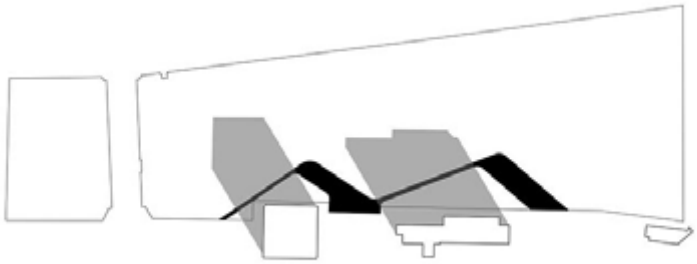


Рис. 3. Ориентация движения солнца на Kalvebod Waves, Копенгаген

Протяженные разноуровневые прогулочные набережные, построенные непосредственно над водой, создают возможности для активного досуга, в том числе и для занятий водными видами спорта. На территории набережной имеются лодочный причал, байдарочный клуб, организована площадка для прыжков в воду.

Помимо рекреационных функций, авторы проекта рассматривают данную территорию и как площадку для проведения различных публичных мероприятий, в том числе и как арт-площадку. Монотонность и строгость офисного квартала нивелируется при помощи пластичных, «природных», подвижных форм пирсов (рис. 4). «Живой» облик новой набережной подчеркивает природное достояние данной территории и создает интересный контраст с застройкой. Возможность напрямую взаимодействовать с водой позволяет организовать дружественную и комфортную среду, лишенную барьеров, и исправить градостроительные ошибки прошлого.

Рис. 4. Вид сверху на набережную Kalvebod Waves в Копенгагене

Еще одним примером грамотного благоустройства прибрежных территорий является норвежский проект набережной Sørenga Sjøbad в Осло. Новая набережная завершается переходом на деревянную плавучую пристань с трамплинами для прыжков в воду и бассейном на 200 м^2. Пристань имеет вид на остров Ховедейа и центр города (рис. 5).

Идея общественного плавучего парка была ключевой частью генерального плана и конкурса на проектирование пирса.

Техническое решение заключалось в том, чтобы ближе к пирсу сделать воду более мелкой, что позволило бы создать новый пляж. Концепция парка заключается в разделении наземной части и плавучей конструкции таким образом, чтобы вода стала самой активной частью парка. Деревянная поверхность пристани представляет собой большое открытое пространство. Облик набережной, элементы благоустройства и использованные материалы набережной подчеркивают историю места и отсылают к элементам бывших портовых сооружений (рис. 6).

Пляж и бассейн с морской водой стали очень популярными новыми местами отдыха в Осло, где отсутствует физический контакт с морем.

Опыт реконструкции в Скандинавских странах не только иллюстрирует возможности преобразования проблемных безжизненных индустриальных прибрежных территорий по возвращению акватории в жизнь города, но и помогает сделать жизнь комфортнее в не самых благоприятных климатических условиях, повышая качество жизни в большом городе.

Рис. 5. Вид на Sørenga Sjøbad, Осло, Норвегия

Рис. 6. Sørenga Sjøbad, Осло, Норвегия

Потенциал набережных в российских городах не раскрыт, и одновременно с этим фиксируется большой общественный запрос на их благоустройство. Российские города только сейчас начинают «разворачиваться» к воде. Успешный опыт благоустройства прибрежных пространств уже есть — набережная озера Кабан в Казани (рис. 7).

Рис. 7. Набережная о. Кабан, Казань

Набережная озера Кабан стала одним из самых популярных общественных пространств Республики, которая как магнит притягивает к себе горожан, так как здесь проводится множество мероприятий, организовываются танцы, спортивные тренировки, занятия йогой и восточными боевыми искусствами.

Одни из главных особенностей набережной:

1. Непрерывная цепочка променадов — возможность обширного функционального зонирования вокруг озера.

2. Оснащение плавучими пирсами делает посетителей ближе к природе, используются для прыжков в воду и других видов спорта.

3. Разделенная система движения велосипедистов и пешеходов — создание комфортного и безопасного времяпровождение на набережной.

4. Наполнение необычными светодиодными малыми архитектурными формами делает набережную одной из самых популярных фотоплощадок в городе.

Нетрадиционным для российской практики стало сохранение доступа к воде. Установлены пирсы и организованы открытые участки с предупреждающими элементами (рис. 8). Такое решение позволяет сделать территорию более дружественной и при этом ненавязчиво безопасной.

Ежедневно набережную посещает огромное количество людей, что сделало ее одной из самых популярных локаций в городе. Функциональное разнообразие позволяет организовать различные активности и площадки для мероприятий и социального взаимодействия горожан и туристов.

Также нетипичной для российских проектов благоустройства является система очистительных каскадов, на которых высажены водные растения (камыш, дербенник, кувшинки), забирающие из воды загрязняющие элементы и перерабатывающие их в процессе фотосинтеза [11].

Иной подход и к элементам благоустройства: помимо лавочек и стандартных МАФов, на набережной размещена, в частности, водная детская площадка, позволяющая детям не только играть, но и узнавать больше об окружающей природе (рис. 9).

Новая набережная стала известна на всю Россию, что явно повысило туристический потенциал Казани. Наличие столь яркой достопримечательности и такой высокий уровень благоустройства задают высокую планку для остальных территорий и запускают процессы преобразования городских пространств. Столкнувшись с иным качеством организации и оформлением среды, горожане меняют свое поведение и запросы, формируют новые городские традиции, новый уклад жизни, более созвучные современным социальным процессам. Культурные изменения получают пространственные площадки для своей реализации, а городские сообщества находят место для самовыражения и взаимодействия, благодаря тому, что архитекторы и местные власти закладывают такие возможности в новые проекты.

Рис. 8. Открытые спуски к воде. Набережная о. Кабан, Казань

Рис. 9. Водная детская площадка. Набережная о. Кабан, Казань

Еще одним отечественным примером «нового» подхода к организации набережной является набережная реки Везелки в Белгороде.

Вдоль набережной расположены территория завода, жилые дома и парк Победы. Часть территории и вовсе была неорганизованной и опасной для пешеходов. Три этих участка требовалось связать между собой, сохранив обширный природный массив (рис. 10).

На участках территории, связанных сетью прогулочных и велосипедных дорожек, разместились зоны активного и тихого отдыха, детские площадки, места для культурных мероприятий (рис. 11), в частности первый в России надводный кинотеатр с экраном и зрительскими местами на разных берегах реки (рис. 12).

Новое зонирование территории должно было не только оформить заброшенные части города, но и создать места для представителей разных социальных групп и возрастов. Чтобы благоустроенная территория не пустовала зимой[6], по проекту вдоль реки предполагается открыть катки, ледяные горки и отапливаемые павильоны.

Максимально сохранена растительность, оформленные спуски позволили при этом сделать безопасным контакт с водой. Благоустройство соответствует масштабу города и деликатно вписывается в существующий контекст, подчеркивая достоинства территории. Так же как и в вышеприведенных примерах, данный проект создает пространственный ресурс для новых повседневных городских практик, способствует формированию идентичности города.

Рис. 10. Набережная Везелки, Белгород

Рис. 11. Схема набережной Везелки, Белгород

[6] URL: https://strelkamag.com/ru/news/belembankment.

Рис. 12. Надводный кинотеатр на набережной Везелки, Белгород

Безусловно, это не единственные удачные примеры благоустройства набережных в России, есть крупные проекты в Москве и Санкт-Петербурге и других городах (Крымская набережная в Москве, набережная Малой Невки на Крестовском острове в Санкт-Петербурге, Казанская набережная в Туле и др.), тем не менее еще многие территории ждут своего переосмысления [12].

Современный город мыслиться как единая экосистема, состоящая из природных и измененных (культурных) компонентов [13]. И если сначала культурная среда вынуждена была адаптироваться к природным условиям, то в период бурного индустриального развития природная среда и природные территории подчинялись запросам человека и промышленности. А прибрежные пространства становились местом демонстрации могущества человека и уровня технического прогресса. Сейчас же такой подход к формированию городского ландшафта уступает место более осознанному и экологичному направлению развития прибрежных территорий, способствующему более гибкому взаимодействию человека и природных условий. Набережные становятся местом встречи не только горожанина с горожанином, но и горожанина с природой. И в их эффективной коммуникации видится гармоничное развитие не только конкретного города, но и всего общества в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Денисов М. Ф.* Набережные. М. : Стройиздат, 1982. С. 20—21.

2. Культурный ландшафт как объект наследия / Науч. ред. Ю. А. Веденин, М. Е. Кулешова. М. — СПб. : Дмитрий Буланин, 2004. 618 с.

3. *Назарова М. П., Гагулина О. В.* Концепция соцгородов в Сталинграде как пространственная проекция социальной утопии коллективизма в 20—30 гг. XX века // Социология города. 2021. № 3. С. 30—39.

4. *Бобрышев Д. В., Вершинина С. Э.* Интеграция прибрежных территорий в функционально-планировочную структуру города как необходимое условие их устойчивого развития // Вестн. ИрГТУ. 2014. № 12. С. 9—14.

5. *Брусененко А. Ю.* Особенности функционально-пространственного взаимодействия реки и прибрежных ландшафтов и современного города // Междунар. науч. журн. «Вестник науки». 2020. № 5(26). Т. 4. С. 165—173.

6. *Моро Э.* Благоустройство городских набережных. М. : КБ «Стрелка», 2011. 16 с.

7. *Литвинов Д. В.* Градоэкологические принципы развития прибрежных зон (на примере крупных городов Поволжья). М. : LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 284 с.

8. *Дворцова Е. Н.* Прибрежные территории: зарубежный опыт хозяйственного освоения и управления // Рос. внешнеэкон. вестн. 2010. № 7. С. 13—18.

9. *Кропинова Е. Г. Афанасьева Э. П.* Устойчивое развитие прибрежных территорий как основа комплексного управления прибрежными зонами // Вестн. БФУ им. И. Канта. 2014. № 1. С. 140—147.

10. *Andersson T.* Waterfront Promenade Design: Urban Revival Strategies. New York : The Publishing Group, 2018. 98 p.

11. *Варламов И. А.* Лучшая набережная России. URL: https://varlamov.ru/3011889.html.

12. Wowhaus 2007—2016 / Э. Кубенский, А. Острогорский, Д. Ликин, О. Шапиро, М. Фадеева, М. Игнатушко // Tatlinmono. 2016. № 47(53). С. 118—120.

13. *Етеревская И. Н., Назарова М. П., Янин К. Д.* Особенности формирования адаптивных городских пространств // Социология города. 2021. № 3 С. 17—29.

© Гагулина О. В., Алиева Д. М., 2022

Поступила в редакцию
в апреле 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Гагулина О. В., Алиева Д. М. Благоустройство набережных как фактор развития городской среды и социальных преобразований // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 2(87). С. 314—324.

Об авторах:

Гагулина Ольга Валерьевна — старший преподаватель каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; o.gagulina@yandex.ru

Алиева Джамиля Мехман-кызы — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, msi.2020@mail.ru

Olga V. Gagulina, Dzhamilya Mekhman-kyzy Alieva

Volgograd State Technical University

IMPROVEMENT OF EMBANKMENTS AS A FACTOR OF URBAN ENVIRONMENT DEVELOPMENT AND SOCIAL TRANSFORMATIONS

The article deals with the current problem of the impact of landscaped embankment spaces on the urban environment and the development of society. The purpose of the research is to understand how important human interaction with the urban water area is in a modern metropolis as a cultural, entertainment and leisure space and how society itself influences the formation and use of embankment territories. The analysis of existing examples in Russia and abroad is carried out.

K e y w o r d s: embankment, improvement, society, development.

For citation:

Gagulina O. V., Alieva D. Mekhman-kyzy [Improvement of embankments as a factor of urban environment development and social transformations]. *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], 2022, iss. 2, pp. 314—324.

About authors:

Olga V. Gagulina — Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; o.gagulina@yandex.ru

Dzhamilya Mekhman-kyzy Alieva — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; o.gagulina@yandex.ru

УДК 711.4

С. А. Матовников

Волгоградский государственный технический университет

КОМПЛЕКСНОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ: ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ

В статье рассматриваются современные тенденции проектирования прибрежных территорий городов, расположенных на берегах рек. Анализируются инженерно-технические, ландшафтные, социальные и эмоционально-образные аспекты, влияющие на функциональную, пространственную и архитектурно-художественную организацию набережных. Рассматриваются проблемы включения набережных в градостроительный каркас и развития различных видов социальной активности на прибрежных территориях. Приводятся примеры многофункционального использования набережных, формирующих современный речной фасад города.

Ключевые слова: набережная, прибрежные территории, ландшафтный потенциал, общественное пространство.

Набережные как элемент планировочной структуры поселения привлекают особое внимание проектировщиков на всем протяжении человеческой истории. Набережная, являясь пространством взаимодействия города и водоема, отражает то исключительное значение, которое вода имеет в жизни человека как биологического вида и человеческой цивилизации в целом: как источник жизнеобеспечения и продуктов питания, как транспортная инфраструктура, как фортификационный рубеж, как энергетический ресурс и во многих других проявлениях [1].

С развитием технологий для все большего числа горожан экономические аспекты использования водоемов отходят на второй план, и на смену утилитарным потребностям приходит осознание ценности эмоционального взаимодействия человека с природной средой (рис. 1) [2].

Рис. 1. Набережная озера Кабан, Казань

Опуская многообразную историю эволюции прибрежных территорий в структуре города как формы расселения, сосредоточим внимание на современном этапе их развития, тем более что отечественная и зарубежная архитектурная практика, а также собственный проектный опыт автора предоставляют обширный материал для подробного анализа.

Во многом отличительные объемно-планировочные и архитектурно-образные характеристики набережных обусловлены уникальными свойствами воды как природного элемента: физическими, химическими, биологическими и т. п.

Для архитектора вода предстает в форме какого-либо природного водоема, контактирующего с земной поверхностью — берегом. Конструктивная и художественная организация пространства взаимодействия двух этих природных сред — тверди и воды — составляет смысл и содержание работы проектировщика. В работе с прибрежным пространством необходимо учитывать ряд основных аспектов, определяющих содержание проектных решений:

- физический аспект — учет необходимости реализации комплекса инженерно-технических мероприятий, противостоящих динамическому воздействию воды на любые искусственные сооружения во всем спектре постоянно изменяющихся характеристик: скорость и энергия движения масс воды; изменение параметров водоема в зависимости от времени года, суток, направления ветра и других природных факторов; изменения агрегатного состояния и химического состава воды и т. д.;
- ландшафтный аспект — учет уникальных визуальных и экологических характеристик природной среды: пространственные параметры водоема, визуальные особенности водной поверхности (цвет, блеск, отражения, форма и характер волн), сопутствующие геологические и дендрологические параметры береговой линии (рельеф берега, наличие и породный состав зеленых насаждений и т. п.);
- социальный аспект — учет возможности реализации широкого спектра общественных взаимодействий и сценарного (событийного) наполнения с участием различных сообществ и социальных групп;
- эмоционально-личностный аспект — потенциал воздействия на различные уровни и формы чувственного и ассоциативного личностного восприятия зрителя в самом широком и многообразном эмоциональном диапазоне [3].

При этом нельзя забывать, что набережная — это не только пространство взаимодействия природных факторов, но и один из наиболее выразительных элементов искусственной урбанизированной среды (рис. 2) [4]. Исторически прибрежные территории становились ядром поселений, обеспечивая прежде всего экономические (торговые и коммуникационные) интересы жителей города. В ходе роста городов, развития и усложнения социально-экономической структуры общества происходило постепенное вытеснение утилитарных функций (в первую очередь транспортных и промышленных) на периферию или за пределы городской застройки и высвобождение прибрежных территорий, расположенных в непосредственной близости от центральных районов города [5].

Рис. 2. Проект набережной реки Чир, г. Суровикино Волгоградской области. Дипломный проект 2022 г. Авт. — Д. А. Инякина, рук. — проф. С. А. Матовников

В настоящее время в условиях чрезвычайной плотности застройки центральных районов прибрежные территории зачастую становятся единственным территориальным резервом для развития общественных функций. С градостроительной точки зрения эти территории обладают рядом очевидных преимуществ: близость к центральным районам города, хорошая транспортная доступность, экологическая чистота, выразительные ландшафтные характеристики. Можно констатировать, что прибрежные территории являются наиболее привлекательными фрагментами городской среды, центрами притяжения различных видов социальной активности жителей (рис. 3).

Рис. 3. Набережная Kalvebod Waves в Копенгагене

В своей статье «Современные архитектурные приемы формирования набережных» автор подробно анализирует широкий спектр функционального наполнения прибрежных территорий, ориентированных на реализацию общественных и рекреационных функций. Приведенные в указанной статье примеры показывают, что набережные являются точками притяжения наиболее активной части городских сообществ и предоставляют возможности для занятий различными видами физической культуры и спорта: бега, спортивной и оздоровительной ходьбы, гимнастики, катания на различных видах безмоторного и электромоторного транспорта, плавания и пр. [6].

Для детального анализа наиболее характерных проблем, с которыми архитекторы сталкиваются в ходе проектирования прибрежных территорий, рассмотрим проект Петровской набережной в городе Калач-на-Дону Волгоградской области, выполненный проектной группой Института архитектуры и строительства ВолгГТУ под руководством автора. Указанный проект стал продолжением концептуальной проектной заявки, вошедшей в число победителей V Всероссийского конкурса благоустройства малых городов и исторических поселений в 2021 г. [7].

Проектируемая территория площадью более 10 га расположена в центре города, на берегу реки Дон (Цимлянского водохранилища), в непосредственной близости от главной городской улицы — Октябрьской. Участок имеет крайне сложную геометрическую конфигурацию: длина участка около 1700 м, средняя ширина 20…40 м. Значительную часть участка занимает защитная дамба, построенная в начале 50-х гг. XX века для защиты территории города от наводнений и подтоплений, ставших возможными после заполнения Цимлянского водохранилища.

Современное состояние указанной территории не соответствует ее градостроительному значению. В настоящее время это малоблагоустроенное пространство, расположенное между защитной дамбой и урезом воды. Имеющееся пляжное оборудование весьма немногочисленно и находится в плохом состоянии, отсутствует освещение, зеленые насаждения не ухожены, много сорной растительности, подходы к воде не оборудованы (рис. 4) [8].

Рис. 4. Прибрежная территория, г. Калач-на-Дону Волгоградской области. Анализ существующего положения

По итогам предпроектного анализа и социологических исследований было предложено оптимизировать транспортные и пешеходные коммуникации, насытить территорию различными дополнительными функциями, осуществить санацию и реконструкцию зеленых насаждений, оборудовать декоративное освещение и установить малые архитектурные формы [9].

Концепция проекта опирается на осмысление различных форм взаимодействия человека с водой и образ корабля как рукотворной структуры, позволяющей человеку перемещаться по воде. При разработке концепции учитывалось географическое положение города на берегу реки Дон — одной из крупнейших европейских рек, а также градостроительная эволюция поселения, вся история которого неразрывно связана с водным транспортом, судостроением, судоремонтом, рыболовством.

Проектируемая общественная территория центральной набережной трактуется как корабельные палубы некоего условного корабля, корабля-фантазии, корабля-мечты, что предполагает формирование многофункциональной мультисенсорной среды, создающей у посетителей впечатление путешествия на комфортабельном круизном лайнере. Путешествия неспешного, позволяющего отдыхать, играть и общаться с детьми, заниматься спортом и рыбной ловлей, купаться и загорать, любоваться пейзажами и проплывающими мимо судами, наслаждаться вкусной едой, по вечерам слушать концерты, по ночам смотреть на звезды.

Образы и элементы корабельной архитектуры органично включаются в художественный язык проекта. Пространственные и пластические решения отдельных зон и фрагментов, дизайнерские решения оборудования и малых архитектурных форм, обеспечивая физиологический и психологический комфорт посетителей, исподволь, деликатно и осторожно формируют у них позитивные ощущения — ощущения предвкушения счастья и радости от самого процесса путешествия.

Архитектурная композиция строится на представлении художественных образов в виде четкой пространственной и функциональной структуры прибрежной территории. Осью композиции являются автомобильный проезд и пешеходный тротуар, проложенные по верхнему урезу дамбы. На них нанизаны отдельные функциональные зоны, как отсеки корабля. Сходство с корабельными палубами усиливается за счет использования разных уровней рельефа для размещения прогулочных тропинок, площадок для отдыха и оборудования, малых архитектурных форм (рис. 5). С этой же целью используется покрытие отдельных поверхностей специально обработанной палубной доской — декингом, устойчивой к различным видам агрессивных воздействий.

В проекте предложено разделить проектируемую территорию набережной на несколько крупных функциональных зон: зону для барбекю и пикников; центральную зону, включающую городской пляж и зону семейного отдыха; зону спорта и длительных прогулок; фестивальную зону. Все зоны объединены асфальтированным парковым проездом, проходящим по верху дамбы, предназначенным для катания на велосипедах, самокатах, роликах, скейтах, моноциклах и т. п., а также для экстренного проезда машин скорой помощи и МЧС.

Рис. 5. Петровская набережная, г. Калач-на-Дону Волгоградской области. Модуль душевых, проект 2021 г., рук. — проф. С. А. Матовников

Принятое зонирование позволяет оптимизировать взаимодействие разных возрастных групп и видов активности. Расположение зоны барбекю и пикников в дальней, северо-западной части набережной изолирует эту категорию пользователей от остальных отдыхающих и обеспечивает соблюдение санитарных и противопожарных требований, а также общественного порядка. Для посетителей этой зоны предусмотрена отдельная автопарковка.

Поблизости от главного входа на территорию набережной по улице Береговой располагается центральная зона, включающая городской пляж и зону семейного отдыха. На этой территории устраиваются террасы для размещения лежаков и шезлонгов, отдельный павильон с раздевалками, душевыми и пунктом проката (для экономии площади и сохранения архитектурного образа павильон встраивается в склон набережной за счет перепада рельефа), оборудованы автомобильные и велосипедные парковки, предусмотрены места для размещения объектов нестационарной торговли коммерческого назначения. Для спуска с верхнего уровня на пляж запроектированы лестницы и пандусы, соответствующие нормативам для МГН.

Зона семейного отдыха организована с использованием естественного изгиба рельефа. Ее размещение в указанном месте продиктовано рядом соображений: близость к главному входу, наличие крупных деревьев, защищающих от избыточной солнечной радиации, естественный уклон рельефа, позволяющий организовать террасированное пространство при минимальных объемах земляных работ, наличие залива — участка акватории, достаточно защищенного от сильного речного течения, что обеспечивает комфортные и безопасные условия купания. В центре находится детская площадка, имеющая резиновое покрытие и оборудованная игровыми конструкциями. Для подхода к воде и причаливания лодок и катамаранов предусмотрена специальная конструкция — пирс.

Зона спорта и прогулок общей протяженностью более 560 м имеет оборудованные дорожки для бега, скандинавской ходьбы, прогулок, установлены тренажеры для занятий спортом на свежем воздухе. В центре этой зоны

находится смотровая площадка с солнечными часами в виде компаса — символа путешествий и арт-объекта. Предусматривается устройство лестниц и пандусов для спуска к пляжу.

Завершает композицию набережной фестивальная зона — пространство, предназначенное для проведения различных массовых мероприятий на открытом воздухе: фестивалей, конкурсов, концертов, городских праздников. Ее главным элементом является амфитеатр, вписанный в склон дамбы за счет использования существующего изгиба рельефа (что позволит минимизировать земляные работы в ходе его строительства), а также сценическая площадка и танцзона, расположенные на нижней отметке у основания дамбы.

В фестивальной зоне также имеется павильон с раздевалками и душевыми, запланированы места для нестационарной торговли и объектов общественного питания, на пляже предусматривается разметка песчаных полей для пляжного волейбола и пляжного футбола. По просьбам жителей на мысе Фестивальном предполагается оборудовать фотозону для молодоженов с установкой ротонды, что позволит устраивать фотосессии на фоне живописных донских пейзажей. В заливе располагается пирс для швартовки скутеров и катамаранов.

Предусмотрено проведение масштабных работ по реконструкции и санации существующих зеленых насаждений с максимальным сохранением имеющихся деревьев и кустарников, что позволит обеспечить комфортный микроклимат и защиту от избыточной солнечной радиации. Рассматривается возможность сохранения небольшого фрагмента естественной растительности — камыша, как пространства для обитания птиц и других представителей местной фауны.

Серьезное внимание было уделено выявлению идентичности проектируемого объекта. На вербальном уровне историческая идентичность нашла отражение в названии «Петровская набережная», предложенном местным жителем — А. Г. Рукосуевым (73 года, донской казак в одиннадцатом поколении), в память о якобы имевшей место высадке на берег царя Петра I. Устойчивое сохранение и воспроизведение этого предания на протяжении всего периода существования Калачевского поселения доказывает его значимость для самоидентификации жителей. В ходе социологических исследований указанное название было поддержано большинством респондентов.

Визуальное отражение идентичности реализовано на нескольких уровнях: на уровне планировочной концепции; на уровне пластических решений отдельных планировочных фрагментов и архитектурных объектов (зона семейного отдыха, солнечные часы «Компас», павильоны раздевалок и душевых, зона для молодоженов и т. п.), на уровне организации пешеходных коммуникаций (очертания прогулочных дорожек, террас, смотровых площадок, лестниц и пандусов); на уровне визуальных коммуникаций в системе пиктограмм и указателей, обеспечивающих ориентирование и информирование посетителей.

В проекте предложена художественно выразительная и целостная образная система, отражающая основные семантические компоненты принятой концепции. Небольшим дополнением к поискам идентичности стал силуэт парусного корабля, выступающий в качестве вспомогательного элемента дизайн-кода проектируемой набережной (рис. 6).

Рис. 6. Петровская набережная, г. Калач-на-Дону Волгоградской области. Панорама, проект 2021 г., рук. — проф. С. А. Матовников

Анализ ряда проектов прибрежных территорий, выполненных для Волгограда и городов Волгоградской области, а также опыт проектирования аналогичных объектов в России и за рубежом позволяет выделить отдельные проблемы, без решения которых реализация любых самых интересных и оригинальных архитектурных идей не представляется возможной [10, 11].

1. Необходимость проведения комплекса берегоукрепительных мероприятий, обеспечивающих защиту от разрушительного воздействия воды на береговую линию, сооружения и оборудование набережной, в том числе таких масштабных воздействий, как паводковые затопления или воздействие льда в период вскрытия рек. Как правило, это весьма значительные по масштабу и технологически сложные работы, требующие значительно больших затрат, чем расходы на реализацию проектов благоустройства набережных [12].

2. Недостаточная обеспеченность инженерными коммуникациями, в первую очередь сетями водоснабжения и канализации. Эта проблема во многом обусловлена негативным влиянием сложных геологических и гидрогеологических характеристик прибрежных территорий. Как правило, для решения этой проблемы проектировщикам приходится обращаться к устройству локальных инженерных систем, что сопряжено со значительными технологическими сложностями и требует дополнительных затрат [13].

3. Сложность обеспечения устойчивых связей с общественными и селитебными городскими территориями. Исторически прибрежные территории использовались для размещения транспортных и производственных функций, что обеспечивало условия для устойчивого развития и экономического роста городов. В результате значительные фрагменты прибрежных территорий оказались отрезаны от жилой и общественной застройки участками промышленных предприятий, полосами железных дорог и автомобильных проездов. Даже после вывода производственных объектов и транспортных терминалов процесс реинтеграции прибрежных территорий в общую структуру городской ткани проходит весьма сложно и конфликтно, требуя больших дополнительных ресурсов и инвестиций [14].

Проведенный анализ показывает, что реализация задач по комплексному благоустройству прибрежных территорий и формированию речного фасада

города требует значительных усилий и затрат для преодоления целого ряда объективных трудностей и ограничений. Тем не менее архитектурная практика последних десятилетий подтверждает тенденцию к масштабному преобразованию прибрежных территорий, отражающую общественный запрос на формирование комфортной и гармоничной городской среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Матовников С. А., Матовникова Н. Г.* Innovative urban planning methods for the urban landscape design in the Volgograd agglomeration // Procedia Engineering. Vol. 150. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / Ed. by A. A. Radionov. Elsevier publishing, 2016. Pp. 1966—1971.

2. *Матовников С. А., Казмина А. В.* Зарубежный и отечественный опыт и тенденции в проектировании прибрежных территорий // Центральный науч. вестн. 2017. Т. 2. № 24(41). С. 70—72.

3. *Анопин В. Н., Матовников С. А., Матовникова Н. Г.* The features of the establishment and maintenance of parkland in the solution of the problems of urban agglomerations in Volgograd // Procedia Engineering. Vol. 150. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016) / Ed. by A. A. Radionov. Elsevier publishing, 2016. Pp. 1972—1977.

4. *Етеревская И. Н., Мацигор Д. А.* Особенности ландшафтно-градостроительной реабилитации прибрежных территорий центра города (на примере Астрахани) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. № 2(87). С. 233—248.

5. *Заславская А. Ю., Смоленская Е. О., Шмелькова М. А.* Использование потенциала прибрежных территорий для повышения комфорта жизни в городах // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. № 4. С. 125—131.

6. *Степанян М. Р., Матовников С. А.* Современные архитектурные приемы формирования прибрежных территорий // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. № 2(87). С. 292—300.

7. *Маркачев Ю. Б.* Всероссийский конкурс лучших проектов создания комфортной городской среды в малых городах и исторических поселениях 2021 г. // Проект Нижняя Волга. 2021. № 2(15). С. 14—19.

8. *Матовников С. А., Анопин В. Н., Матовникова Н. Г.* Ландшафтно-архитектурные методы в зеленом строительстве Волгоградской агломерации // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2014. Вып. 36(55). С. 248—257.

9. *Скороходова А. В., Етеревская И. Н.* Модели ландшафтно-градостроительного развития приречных территорий города Волгограда // Инновационные технологии в строительстве и ЖКХ — основа формирования городской среды : сб. ст. науч.-практ. конф., Волгоград, 22—28 апр. 2020 г. Волгоград, 2020. С. 57—59.

10. *Красильникова Э., Попова Л.* Modern trends of sustainable housing design using landscape urbanism principles // Megacities 2050: Environmental Consequences of Urbanization. ICLASCSD 2016 : proceedings of the VI International Conference on Landscape Architecture to Support City Sustainable Development, Moscow, Sept. 12—14, 2018 / Eds.: V. I. Vasenev et al. Springer Geography, 2018. Pp. 172—182.

11. *Етеревская И. Н., Тхао Ч. Т. З.* Принципы интеграции прибрежных территорий в планировочную структуру современного города (на примере г. Дананг, Вьетнам) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 4 (85). С. 252—263.

12. *Лекарева Н. А.* Принципы ландшафтного урбанизма в освоении пойменных территорий Самары // Градостроительство и архитектура. 2022. Т. 12. № 1. С. 116—122.

13. *Каюмова И. А., Киносьян Н. С.* Современное состояние постпромышленных территорий в центральной части города Казани и перспективы их развития // Изв. КГАСУ. 2021. № 4(58). С. 97—109.

14. *Марчукова А. И., Матовников С. А., Гагулина О. В.* Тенденции реорганизации бывших промышленных территорий в крупнейших городах // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 1 (86). С. 329—337.

© Матовников С. А., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Матовников С. А. Комплексное благоустройство прибрежных территорий: тенденции и проблемы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 325—334.

Об авторе:

Матовников Сергей Алексеевич — канд. архитектуры, проф., зав. каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; matovnikov4@yandex.ru

Sergei A. Matovnikov

Volgograd State Technical University

COMPREHENSIVE IMPROVEMENT OF COASTAL TERRITORIES: TRENDS AND PROBLEMS

The article considers current trends in the design of coastal areas of cities located on the banks of rivers. The engineering-technical, landscape, social and emotional-figurative aspects that affect the functional, spatial, architectural and artistic organization of the embankments are analyzed. The problems of inclusion of embankments in the urban framework and the development of various types of social activity in coastal areas are set out. Examples of the multifunctional use of embankments that form the modern river façade of the city are given.

K e y w o r d s: embankment, coastal areas, landscape potential, public space.

For citation:

Matovnikov S. A. [Comprehensive improvement of coastal territories: trends and problems]. *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], 2022, iss. 3, pp. 325—334.

About author:

Sergei A. Matovnikov — Candidate of Architecture, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; matovnikov4@yandex.ru

УДК 711.4-112

В. В. Прокопенко, А. А. Тисленко

Волгоградский государственный технический университет

КОМПЛЕКСНАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННО-СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ В ГРАНИЦАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДА

Статья посвящена вопросу необходимости реновации существующих промышленных территорий с целью улучшения качества среды постиндустриального города. Волгоград долгое время формировался как промышленный город с большим числом градообразующих предприятий, которые на данный момент не функционируют или оказывают негативное воздействие на городской микроклимат.

Формирование единой системы оценки качества среды промышленных зон позволит производить объективный анализ территорий на предмет соответствия их фактического состояния утвержденным параметрам, выявлять существующие проблемы и искать пути их решения.

Ключевые слова: городская среда, производственная территория, промышленность, система озелененной территории, прибрежные территории.

Промышленность на протяжении веков являлась неотъемлемой частью жизни человека. С развитием общества менялись представления о промышленности и ее отражении в городской среде. На данном этапе человеческого развития, с увеличением темпов урбанизации и скоростью развития технологий промышленные районы большинства городов России терпят кризис в связи с несоответствием их существующего положения требуемым нормам и качеству городской среды.

Промышленная зона является главной градостроительной структурной единицей городской производственной территории. В крупнейших городах производственная зона занимает в среднем от 20 % территории, формируется в одной или нескольких частях города как единая территориально-планировочная система [1].

Для рациональной планировки производственной территории на сегодняшний день ее структуру формируют в виде последовательного ряда усложняющихся звеньев:

- площадка промышленного предприятия — конкретная территория, занимаемая отдельным предприятием;
- промышленный узел — группа предприятий на одной или нескольких площадках, составляющих единое территориально-планировочное целое с общими инженерно-техническими и транспортными коммуникациями;
- городская промышленная зона (район) — часть городской территории, занятая одной или несколькими группами предприятий [1].

Территориально-производственные комплексы размещаются в непосредственной близости к природным ископаемым и источникам энергии, обеспечивая тем самым освоение и переработку сырья. Вокруг таких центров создаются рабочие поселки и городки, которые впоследствии трансформируются в полноценные города, где промышленность выступает градообразующим

фактором (т. е. фактором, который лег в основу создания города и влияет на его рост и развитие).

По выполняемым функциям города можно разделить на многофункциональные (две и более функций) и монофункциональные. В свою очередь, многофункциональные города строятся на преобладании неэкономических функций: военные, культурные, рекреационное, административно-политические. Монофункциональные города базируются на преобладании экономических функций: административные центры, транспортные узлы и порт, курортные, научные, промышленные и т. д.

В нашей стране города активно возникали на основе планомерно развивающейся промышленности. Для большинства из них промышленность была и остается градообразующей.

Промышленные города можно разделить на три большие группы: ресурсодобывающие, ресурсообрабатывающие и агропромышленные. Города делятся на районы, в том числе и промышленные, которые, в свою очередь, могут быть многоотраслевыми или специализированными. Создание городских промрайонов — основное направление формирования промышленных зон в городах [2].

Немаловажным фактором, влияющим на формирование промышленных территорий, является их специализация — металлургия, химия, пищевая промышленность, строительное производство. При этом в зависимости от вида производства предприятию присваивается класс опасности.

В соответствии с классом опасности между предприятием и жилой застройкой располагаются санитарно-защитные зоны. Это делается для снижения степени вредного воздействия на человека. Так, предприятия I класса опасности имеют СЗЗ в 1000 м, предприятия II, III, IV и V классов — в 500, 300, 100 и 50 м соответственно. СЗЗ обязательно должны быть озеленены, желательно использовать устойчивые к вредным факторам растения.

В структуре промышленного города система озелененных территорий играет большую роль. Это связано как с планировочными особенностями промышленных городов, так и с санитарно-гигиеническими свойствами растений и их устойчивостью к выделяемым производствами выбросам. При размещении предприятий в черте города рядом с селитебными территориями обязательно рассчитывается класс опасности предприятия, а также нормативы размещения производственных объектов и размеры санитарно-защитных зон.

Организация структуры озелененных пространств города подвержена влиянию следующих факторов [3]:

- дробность и величина обособленных озелененных участков, их функциональная роль;
- удельный вес существующих насаждений, их качество и место в планировочной структуре города;
- наличие вредных производств с выделением для них санитарно-защитных зон;
- соотношение застроенных и открытых городских территорий;
- транспортная и пешеходная доступность;
- ландшафтные особенности.

Все эти факторы зависят в большей степени от градообразующей базы города, а также от конверсии нарушенной территории. На основе изучения

накопленного мирового практического и теоретического опыта по конверсии промышленных территорий сформулированы *модели преобразования промышленных территорий*.

По основным вариантам изменения функций территорий выделяют *общественно-деловые*, *жилые* и *рекреационные функции*.

Существует три основных варианта планировочного преобразования и комплексного развития территорий промышленных районов: *благоустройство заброшенных территорий*, *конверсия территорий* и *благоустройство санитарно-защитных зон*.

При реновации промышленных территорий существует три вида функционального развития территории (табл. 1) [4].

Таблица 1

Реновация промышленных территорий

С полной заменой функций	С частичной заменой функций	С сохранением промышленных функций
Перепрофилирование промышленных объектов и территорий; благоустройство и озеленение депрессивных территорий; полный снос промышленных сооружений и использование территорий в иных целей	Реконструкция планировочной структуры с повышением устойчивости ее характеристик; переоборудование объектов в музеи и музейно-выставочные комплексы; внедрение новых объектов городского значения в промышленные территории, имеющие историческую и культурную ценность	Сохранение первоначального облика здания (реставрация) и технологическое переоснащение производства в существующей конфигурации здания или сооружения (модернизация)

Волгоград является ярким примером крупного постиндустриального города, градообразующие предприятия которого расположились на наиболее привлекательных городских территориях, а именно вдоль реки Волги.

В ходе исторического развития планировочной структуры города именно береговые территории отличались максимальной степенью освоения, поэтому в современных условиях характеризуются наиболее заметной деградацией. Наиболее остро эта проблема встает в городах, где основная производственная база располагается вдоль акваторий, на таких территориях наблюдается максимальная плотность застройки и контрастные сочетания разных функций. Прибрежные территории являются своеобразной буферной зоной между природной доминантой — рекой и урбанизированной городской застройкой, и их эффективная ландшафтная организация будет способствовать повышению устойчивости городской среды [5].

В современном городе прибрежные территории должны рассматриваться как территориальный резерв для размещения новых общественных пространств, объектов озеленения, разнообразных форм социальной активности [6—8]. Однако, несмотря на это, в крупнейших городах они все чаще подвергаются стихийной застройке, становятся малопривлекательными для населения, расположены неравномерно, не имеют четкой структуры и логического обоснования. Это заметно снижает качество жизни горожан,

отрицательно влияет на экологическую обстановку на прибрежной территории и в городе в целом [9].

На сегодняшний день, помимо действующих заводов, после развала СССР и приватизации предприятий в Волгограде осталось множество недействующих промышленных объектов. Эти объекты с годами превратились в нарушенные территории, что является негативным фактором для качественной и эффективной жизни города. Освоение нарушенных территорий тесно связанно с градостроительной деятельностью. Решением данной проблемы занимаются как отечественные, так и зарубежные специалисты. Наиболее популярным градостроительным средством при освоении данного типа территории являлось преобразование участка территории с техногенным рельефом в рекреационную зону. Это подчеркивает ландшафтную особенность и обеспечивает город уникальными панорамными видами, вносит разнообразие в городской облик [10]. Для таких территорий необходимы варианты градостроительного развития, но при этом необходимо учитывать ту среду, которая формировалась десятилетиями [11].

Город-герой имеет три крупнейших промышленных района — Тракторозаводский, Краснооктябрьский, Красноармейский, которые основаны районообразующими производствами и в которых наиболее разнообразны существующие проблемы в части градостроительства и архитектуры.

На территории Тракторозаводского района крупнейшими территориями предприятий являются (рис. 1):

- ОАО «Тракторная компания „ВгТЗ“»;
- ОАО «Волгоградский алюминий»;
- ОАО «Волгоградский кислородный завод»;
- ОАО «Спецнефтематериалы» и др.

Рис. 1. Градообразующая база Тракторозаводского района

На территории Краснооктябрьского района крупнейшими территориями предприятий являются (рис. 2):

- Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь»;
- Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады» — российское предприятие оборонной промышленности.

Рис. 2. Градообразующая база Краснооктябрьского района

На территории Красноармейского района расположено 15 предприятий (12 функционируют), ряд из которых являются градообразующими (рис. 3).

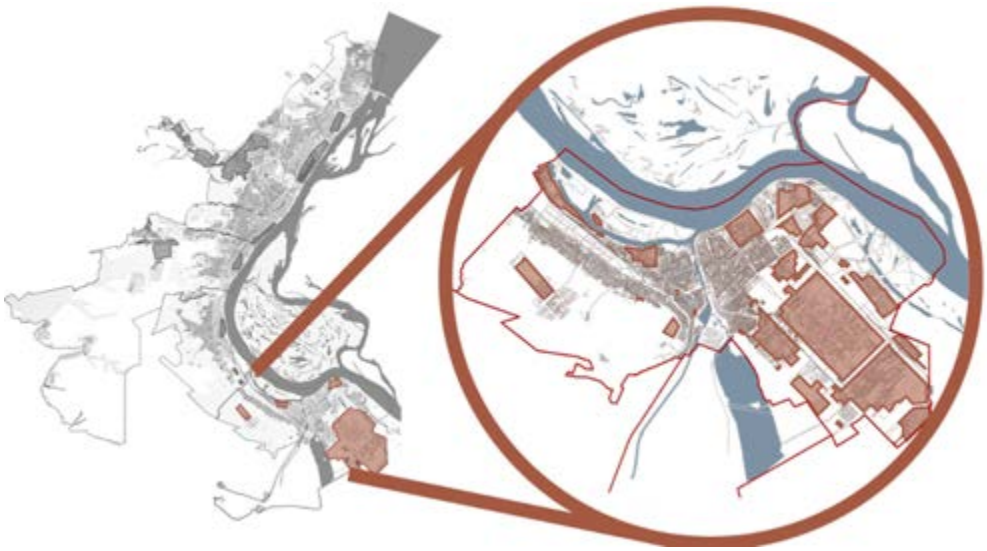


Рис. 3. Градообразующая база Красноармейского района

Анализ исторического и планировочного формирования промышленных районов Волгограда позволил выделить основные факторы, влияющие на развитие города; на каждый фактор, в свою очередь, влияет ряд критериев (табл. 2):

- *географические факторы* определяют место города в системе субъектов РФ, показывают возможности территориального расширения, создания агломераций и городских центров, гарантируют городское развития в сферах, связанных с территориальными, климатическими и ландшафтными особенностями территории;

- *экономические факторы* позволяют определить потенциал городского развития, его перспективные направления в различных сферах науки, производства, туризма, культуры и т. п.;
- *социальные факторы* отражают комфортность проживания в городе, а также настроения общества — его уверенность в завтрашнем дне и возможных перспективах для жизни и работы;
- *технологические факторы* обеспечивают наукоемкие перспективы городского развития, позволяющие совершенствовать структуру города, научные институты, развивать существующие производства и обеспечивать создание новых промышленных объектов.

Таблица 2

Факторы, влияющие на развитие города

Географические	Экономические	Социальные	Технологические
Удаленность от административного центра; климатический район и характерные погодные условия; размещение на берегу водоема; рельеф местности; полезные ископаемые; исторические особенности	Природный потенциал; промышленность; транспорт и коммуникации; инвестиции; энергетика; сельское хозяйство; рынок труда; внешнеэкономические связи	Демография и миграция; образование; здравоохранение; уровень безработицы; благосостояние; платежеспособность; экология; малый и средний бизнес	Инновационная деятельность предприятий; развитие науки, технологий и инноваций

Для оценки качества среды промышленных территорий были сформированы критерии и факторы оценки по GREENPRINT ИСИ (BRE) и включали: экологию, бизнес, ресурсы, транспорт, планировку территории, климат, общество и создание достопримечательного места.

К каждому критерию был составлен список вопросов, ответив на которые можно объективно оценить качество среды промышленной территории, проанализировать имеющиеся проблемы и сформулировать пути их решения.

Анализ территории сформирован по балльной системе, где отрицательные критерии территории оцениваются в 0 баллов, а положительные — в 3 балла. Максимально каждая территория может набрать 117 баллов.

Для пофакторной оценки качества среды промышленных территорий данные критерии необходимо применить к каждой рассматриваемой территории с промышленным предприятием.

Произведя пофакторную оценку уровня комфортности среды промышленных территорий Волгограда на основе полученных данных по представленным 12 сценариям развития территорий, были получены аналитические данные, по которым составлены следующие графики, где слева отражены данные «до» преобразования, справа — «после» (табл. 3).

Таблица 3

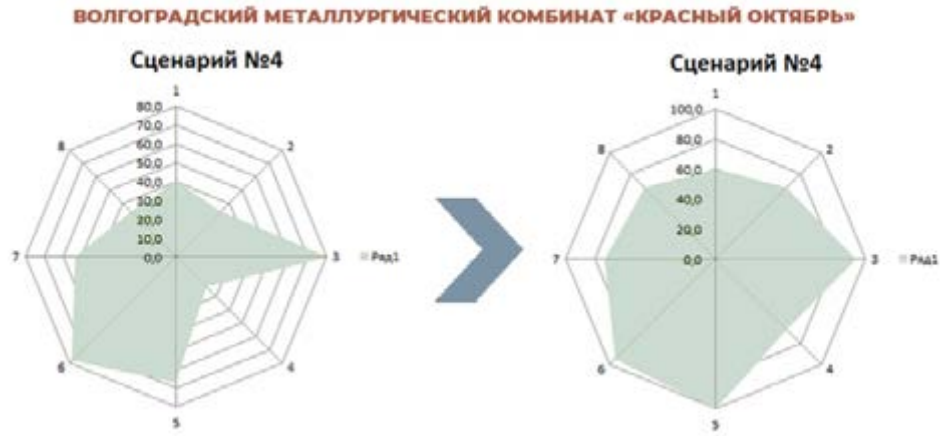
Результаты пофакторной оценки уровня комфортности среды промышленных территорий Волгограда

До проекта реновации территория обладает минимальными показателями уровня комфортности. По причинам закрытия производства в настоящее время страдают такие показатели, как «бизнес», «экология», «общество» и «достопримечательность». С учетом проекта реновации и новым высокотехнологическим предприятием с использованием современного оборудования и новейших методик организации пространственной среды данная промышленная зона не только станет хорошей экономической единицей для города, но и существенно поднимет социальную и культурную жизнь

Имея достаточно богатую историю, на сегодняшний день ВГТЗ не функционирует, большая часть территории разрушена и разграблена. В связи с этим на достаточно большом участке сформирована депрессивная зона с низким показателем качества среды. Прилегающая селитебная территория продолжает активно функционировать, однако прилегающие к заводу участки испытывают на себе крайне негативное воздействие. Преобразовав территорию ВГТЗ в новый жилой кластер с деловыми, общественными и научными центрами, а также организовав досуг и благоустройство участка, мы не только повышаем показатель комфортности данной зоны, но и создаем для города новый «северный центр»

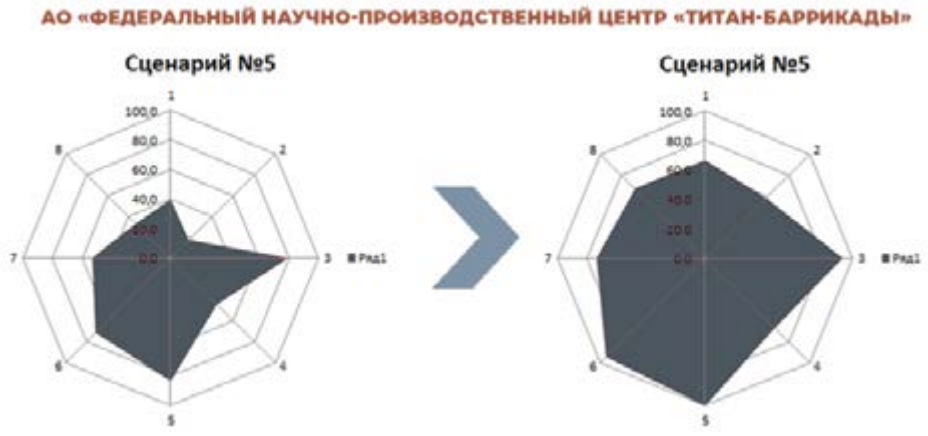
Продолжение табл. 3

На сегодняшний день алюминиевый завод имеет хорошо развитый бизнес, его продукция пользуется спросом в РФ и за рубежом, также завод имеет хорошую транспортную доступность, однако ввиду своих технологических особенностей предприятие является вредным и опасным для окружающей среды. Поэтому и прилегающая селитебная территория слабо заселена. Плохо организованы санитарно-защитные зоны. Пересмотр параметров санитарно-защитной зоны и дополнительное озеленение позволяют повысить показатели комфортности среды территории по всем показателям

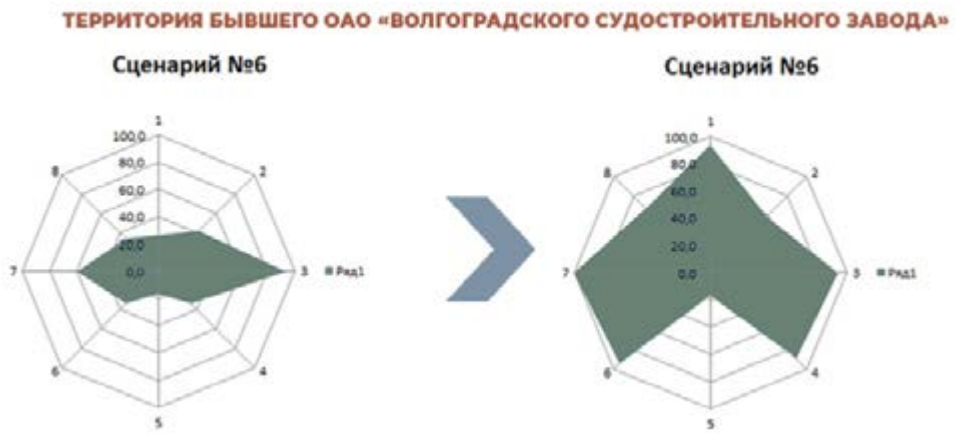


На сегодняшний день рассматриваемая территория имеет хорошую транспортную доступность, предприятие функционирует, для жителей имеются социально значимые объекты. Однако прилегающие к заводу территории, такие как парк у бассейна «Искра» или проспект Металлургов, находятся в плачевном состоянии, страдает экология, отсутствуют достопримечательности, здания нуждаются в реконструкции. Благоустроив прилегающие к заводу территории и отреставрировав здания, возможно в разы повысить уровень жизни населения данного района по всем показателям

Продолжение табл. 3

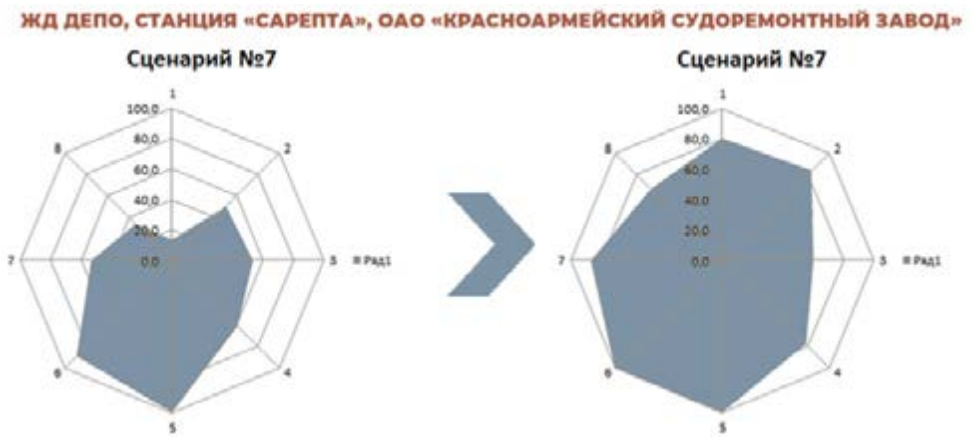


Так как завод имеет статус военного производства, государство контролирует уровень его развития. Санитарно-защитная зона на сегодняшний день охватывает внутреннюю площадь предприятия, что негативно сказывается на микроклимате и экологии прилегающих селитебных территорий. Пересмотрев параметры СЗЗ, а также произведя благоустройство прилегающих общественных зон, можно повысить привлекательность района для жителей, повысив каждый из показателей в среднем на 20 %



На сегодняшний день завод полностью не функционирует. Ввиду этого страдают такие показатели, как «бизнес», «климат», «здания» и «общество». Возможно множество вариантов развития данной территории. В данном случае рассматривается конверсия территории с полной заменой функций: на территории данного промышленного объекта создается новый жилой микрорайон с развитой инфраструктурой, музейным центром, детскими садами и школами. При этом бизнес-составляющая остается на низком уровне (развитие малого бизнеса) ввиду трансформации крупного промышленного объекта в жилой сектор

Продолжение табл. 3



На сегодняшний день депо и ж/д станция активно функционируют, однако под влиянием антропогенных факторов прилегающая территория приносит большие проблемы жителям данной зоны. Заболачивание территорий негативно влияет на климат и экологию местности, а также снижает привлекательность места для развития бизнеса и социальной инфраструктуры. Произведя работы по ревитализации болотистой местности, можно не только снизить влияние негативных факторов на селитебные территории, но и развить социальную, культурную и бытовую инфраструктуру

Рассматриваемая территория находится на окраине города, на большом удалении от главных транспортных и инфраструктурных объектов. В связи с этим прилегающая территория не способна удовлетворить жителей каким-либо досугом и достопримечательностями. Необходимо предоставить жителям прилегающей селитебной территории центры досуга и отдыха, а также развивать транспортную инфраструктуру. Благодаря этому показатели комфортности рассматриваемой территории увеличатся в разы

Продолжение табл. 3

Рассматриваемая группа предприятий является действующей. Большинство показателей уровня комфортности имеют средние значения. Явными проблемами являются: благоустройство прилегающего парка Металлургов с разрушенным спортивным клубом и использующимся не по назначению ДК. Благоустройство района, развитие досуга и бизнеса на данной селитебной территории позволят увеличить уровень комфортности территории по всем параметрам

Рассматриваемый участок на сегодняшний день представляет собой пустырь и является перспективной зоной комплексного развития территорий. В связи с этим данную территорию выгодно трансформировать в жилой микрорайон с развитой транспортной, социальной и культурной инфраструктурой. Показатель бизнеса в рассматриваемом случае не развивается по причине отсутствия на преобразованном участке производства

Окончание табл. 3

На сегодняшний день рассматриваемый участок комплекса производственных территорий является одним из самых новых и технологичных в Волгограде. Предприятия имеют высокие показатели в развитии бизнеса, транспорта и общественной сферы. Специфика химических производств может негативно сказываться на климате и экологии. Ввиду этих особенностей реновация данных зон на текущий момент заключается в проверке СЗЗ по площади, а также густоте и составу защитного озеленения

Керамический завод хорошо развит по многим показателям уровня комфортности промышленных территорий. Увеличить и улучшить эти показатели предлагается за счет более качественного озеленения СЗЗ

На основе полученных данных можно сделать вывод, что все рассматриваемые промышленные территории по большей части имеют ряд проблем, негативно сказывающихся на жителях прилегающих зон. Эти проблемы можно нивелировать, а качество среды улучшить за счет конверсии территорий.

Согласно представленному исследованию, можно заключить, что производственные объекты являются градообразующей базой развития города и его экономики, они организовывают городскую среду на социальном, градостроительном и экологическом уровнях, являются основными узлами планировочного каркаса города, центрами городской жизни.

Историческое и планировочное формирование промышленных городов показывает, что предприятия, являясь важнейшим критерием возникновения поселений, определяют архитектурный облик города, диктуют условия размещения санитарно-защитных зон, селитебных территорий, а также формируют границы и размеры города. Для повышения уровня жизни на прилегающих к предприятиям жилых территориях необходимо произвести оценку данных промзон вместе с прилегающей к ним селитьбой.

Произведя анализ промышленных территорий Волгограда, можно сказать, что на сегодняшний день большинство рассматриваемых участков не соответствует минимальным показателям санитарно-защитных, градостроительных, экологических и планировочных норм. Детальная оценка каждого промышленного объекта позволила определить недостатки данных зон и предложить методы их решения за счет архитектурно-градостроительных приемов и развития культурных и социальных показателей.

Таким образом, формирование единой системы оценки уровня комфортности среды промышленных территорий позволяет производить объективный анализ производственных зон на предмет соответствия их фактического состояния утвержденным параметрам, выявлять существующие проблемы и искать пути их решения. Аналогичная система критериев может быть разработана для других градостроительных территорий с целью положительного влияния на формирование городской среды.

Основные выводы исследования

1. Анализ мирового и отечественного опыта улучшения качества среды производственных (в том числе промышленных) территорий показал, что наиболее оптимальным вариантом реновации таких объектов будет сохранение важных исторических построек с наделением их новыми экономическими и социально-развлекательными функциями, способствующими восстановлению привлекательности данных зон.

2. Анализ принципов формирования и особенностей производственных (в том числе промышленных) территорий в Волгограде говорит о том, что данные участки изначально были сформированы в непосредственной близости к основным транспортным магистралям и источникам энергии (в данном случае к река Волге). На сегодняшний день, ввиду городского развития, данные территории нуждаются в реновации.

3. Разработка методики оценки уровня комфортности среды производственных (в том числе промышленных) территорий позволяет определить и проанализировать основные проблемы рассматриваемого участка и впоследствии улучшить показатели значения уровня качества среды посредствам архитектурно-планировочных решений.

4. Градостроительные предложения по улучшению качества среды производственных (в том числе промышленных) территорий Волгограда позволяют устранить выявленные недостатки территорий, наделить их новыми необходимыми для города функциями и превратить депрессивные зоны в новые центры притяжения для жителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Малоян Г. А.* Основы градостроительства : учеб. пособие. М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. 120 с.

2. *Беспалов В. И., Харенкова О. Г.* Выполнение пофакторной оценки состояния окружающей среды в районе размещения торгово-развлекательных центров // Синергия наук. 2019. № 39. С. 211—220.

3. *Мартынова М. И., Суханов А. С., Джансузян Р. Р.* Парки Ростова-на-Дону: география и экологические проблемы // Изв. высш. учеб. заведений. Сев.-Кавк. регион. Сер. : Естеств. науки. 2007. № S. С. 107—110.

4. *Корниенко С. В.* Технопарк как способ системного обновления города // Социология города. 2019. № 3. С. 30—43.

5. *Красильникова Э. Э.* Ландшафтный урбанизм. Теория — практика : моногр. Волгоград : Обл. вести, 2015.

6. *Talavera-Garcia R., Soria-Lara J. A.* Q-PLOS, developing an alternative walking index. A method based on urban design quality // Cities. 2015. Vol. 45. Pp. 7—17.

7. *Boyle A., Barrilleaux C., Scheller D.* Does walkability influence housing prices? // Social Science Quarterly. 2014. Vol. 95. No. 3. Pp. 852—867.

8. *Етеревская И. Н.* Проблемы реконструкции городской среды. Формирование городских общественных пространств : учеб. пособие. Волгоград : ВолгГТУ, 2019. 119 с.

9. *Етеревская И. Н., Тхао Ч. Т. З.* Принципы интеграции прибрежных территорий в планировочную структуру современного города (на примере г. Дананг, Вьетнам) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 4 (85). С. 252—263.

10. *Прокопенко В. В., Ганжа О. А., Косицына Э. С.* Оценка нарушенных территорий крупнейших городов (на примере города Волгограда) // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2019. № 2(75). С. 198—205.

11. *Prokopenko V. V., Ganzha O. A., Rastyapina 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, Chelyabinsk, Sept. 25—27, 2019. Chelyabinsk : Institute of Physics Publishing, 2019. P. 055038. DOI: 10.1088/1757-899X/687/5/055038.

© Прокопенко В. В., Тисленко А. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Прокопенко В. В., Тисленко А. А. Комплексная функционально-пространственная оценка развития промышленно-селитебной территории в границах прибрежной зоны Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 335—349.

Об авторах:

Прокопенко Вячеслав Валентинович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; v.v.p_24@mail.ru

Тисленко Анастасия Андреевна — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ameriell@inbox.ru

Vyacheslav V. Prokopenko, Anastasiy A. Tislenko

Volgograd State Technical University

COMPREHENSIVE FUNCTIONAL AND SPATIAL ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL AND RESIDENTIAL TERRITORY WITHIN THE BOUNDARIES OF THE COASTAL ZONE OF VOLGOGRAD

The article is devoted to the issue of the need to renovate existing industrial territories in order to improve the quality of the post-industrial city environment. Volgograd has long been formed as an industrial city with a large number of city-forming enterprises, which, at the moment, do not function or have a negative impact on the urban microclimate.

The formation of a unified system for assessing the quality of the environment of industrial zones will allow for an objective analysis of territories for compliance with their actual condition with approved parameters, identify existing problems and look for ways to solve them.

K e y w o r d s: urban environment, industrial area, industry, green area system, coastal areas.

For citation:

Prokopenko V. V., Tislenko A. A. [Comprehensive functional and spatial assessment of the development of industrial and residential territory within the boundaries of the coastal zone 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], 2022, iss. 3, pp. 335—349.

About authors:

Vyacheslav V. Prokopenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; v.v.p_24@mail.ru

Anastasiy A. Tislenko — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ameriell@inbox.ru

УДК 711.424

Г. А. Птичникова[а, б], А. В. Антюфеев[б]

[а] Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ) — филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»

[б] Волгоградский государственный технический университет

ГОРОД, РЕКА И АРХИТЕКТУРА

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных научных исследований Российской академии архитектуры и строительных наук и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на 2022 г.

В статье рассмотрены особенности развития прибрежных территорий крупных поволжских городов России. Дана оценка градостроительной структуры приречных территорий Волгограда — одного из крупнейших индустриальных городов Поволжья. Раскрыты основные архитектурные и эколого-градостроительные подходы к организации прибрежных городских территорий.

Ключевые слова: набережная, речной вокзал, визуальная архитектура, водный фронт, прибрежные городские территории, реновация, джентрификация депрессивных производственных территорий.

Река, как и другие крупные формы водоемов, занимает важнейшее место в образе города [1]. Исследования иконографического материала и археологические раскопки свидетельствуют о том, что источники воды издавна были определяющим фактором при выборе мест поселений, выполняли оборонительные функции и служили транспортными путями. Они также фокусируют наиболее выразительную застройку и предъявляют повышенные требования к оформлению линии пограничья — встречи воды и берега, Реки и Города, где, как правило, возникает общественное городское пространство.

Раскрытию взаимоотношений реки, города и архитектуры посвящена настоящая статья. Объектом исследования стали крупные поволжские города, детальное внимание уделено Волгограду — одному из крупнейших региональных центров.

Визуальный потенциал прибрежных территорий, набережные и речные ворота города

Водные пространства и прибрежные территории являются самыми ценными в градостроительном отношении ландшафтами, обладающими высоким эстетическим потенциалом. Для города река всегда являлась тем природным магнитом, который притягивал к себе самые важные городские узлы[1]. Здесь формируется набережная — место публичного пребывания людей у воды. Вдоль реки возникают причалы и порты, рыболовное и другое, в том числе промышленное, производство, а также берег используется для купания, прогулок и любования рекой. Ценность таких мест столь высока, что города при первой экономической возможности сразу начинают украшать и благоустраивать берега рек и морей, создавать набережные разных типов — из каменных стен, многоярусных террас, природных ландшафтов [2].

[1] *Фролов С. С.* Градостроительная реконструкция прибрежных промышленных территорий крупнейших городов (на примере г. Волгограда) : автореф. дис. … канд. архитектуры. СПб., 2005.

Для городов, расположенных на реках, одним из важных градостроительных элементов всегда были так называемые речные ворота — речные вокзалы с набережными, порты. С развитием скоростных и зачастую более дешевых видов транспорта эти объекты постепенно стали рассматриваться как второстепенные. Вместе с тем речные ворота остаются самыми привлекательными из всех въездов в город: вода придает городу новое качество, помогая создать незабываемый архитектурный образ городского ландшафта.

В настоящее время создаются предпосылки для своего рода ренессанса речных ворот волжских городов. Так, согласно федеральной программе «Модернизация транспортной системы России», предусматривается развитие речных портов, увеличение грузо- и пассажирооборота на речном транспорте, планируется создание международного транспортного коридора «Север — Юг», который протянется от Балтийского моря через Волго-Балтийскую судоходную систему и Волгу в страны, прилегающие к Каспийскому, а через Волго-Донской канал — к Азовскому, Черному морям и далее. Волжскими судами обслуживаются практически все страны Европы. В последнее время активно развиваются международные пассажирские линии типа «река — море», а также речной туризм. Поэтому формирование нового архитектурного облика речных ворот как въездов в города со стороны реки приобретает сегодня огромное значение.

Функционально содержание любого речного порта определяется двумя основными составляющими: технологической и архитектурно-градостроительной. Первая отвечает за прием и отправку судов, их обслуживание, безопасное движение на реке, вторая не только обеспечивает сервисное обслуживание пассажиров, но и формирует определенный сценарий вхождения в своеобразную для каждого города среду.

Знакомство с городом для туристов, прибывающих по реке, начинается с речного вокзала и набережной. Водный ландшафт предопределяет атмосферу торжественности такого въезда: вид широкой реки, теплоходы, озелененные берега, лестницы и террасы, малые архитектурные формы. Значительную роль в формировании облика набережных играет система освещения, особенное значение приобретает декоративная подсветка зданий и сооружений, световой дизайн активных форм рельефа, малых архитектурных форм.

Волгоград — город на Волге, и для многих посещающих наш город въезд в него ассоциируется со знаменитой волгоградской набережной, монументальной лестницей с пропилеями, речным вокзалом. Прибрежные территории всегда считаются самыми ценными городскими пространствами, а места причала судов, речные вокзалы рассматриваются как узловые точки в композиционном решении набережных. Следует отметить, что в большинстве российских городов, стоящих на реках, речные вокзалы построены по типовым проектам. Среди волжских городов такие типовые речные ворота имеют Нижний Новгород, Кинешма, Казань, Ульяновск, Тольятти, Самара, Саратов. В целом ряде городов, несмотря на активное движение теплоходов и большие пассажиропотоки, вообще нет соответствующих зданий: под эти цели используют плавучие дебаркадеры. В их числе Углич, Рыбинск, Кострома, Плес, Чебоксары. В Астрахани строительство речного вокзала продолжалось более десяти лет. Каждый из перечисленных городов имеет свои характерные черты в освоении прибрежных территорий. Но прежде всего необходимо

обратиться к российской градостроительной традиции оформления речных берегов. Пространство встречи города и реки может принимать разные формы. В российской традиции, которая была заложена имперской столицей Санкт-Петербургом, одной из самых образцовых форм организации стала парадная набережная. Начальные работы по укреплению берега Невы начались в середины 1710-х гг., т. е. всего через семь лет после закладки первых зданий столицы. Каменные набережные Москвы начали делать позже, после Отечественной войны 1812 г. Сначала была возведена Кремлевская набережная, затем Софийская.

Парадные набережные разных городов напоминают друг друга. Обычно доминирует мощная перспектива реки, завершающаяся каким-либо крупным объектом или силуэтом нескольких высотных зданий, и две стихии — вода и небо, сходящиеся в линию горизонта. Парадные набережные одеты гранитом и обычно хорошо благоустроены. Как правило, наиболее выгодными точками для лицезрения набережных являются мосты, поэтому точка наблюдения на фотографиях бывает поднята высоко над горизонтом. Это создает ощущение огромной воздушной «залы» города, в которой вода играет роль пола, а фасады домов и деревья — роль стен, обрамляющих эту «залу». Взгляд уносится вверх, и от открывающейся панорамы наблюдателя охватывает чувство восторга с оттенком «триумфальности». Следует отметить, что по-настоящему парадные — дворцовые — набережные были сформированы в российских столицах. В российских поволжских городах, как в Волгограде, так и особенно в Самаре, это пространство всегда активно задействовано. Набережные могут быть не только «речными фасадами» городов, строгими и обычно безлюдными, но и местами для активной жизни горожан. Здесь удят рыбу, купаются, встречаются, гуляют, занимаются «ничегонеделаньем». Под сенью деревьев можно увидеть многочисленные рестораны и места отдыха. Здесь всегда много людей, которые гуляют, катаются на велосипедах и роликовых коньках, сидят на парапетах и ступеньках и просто на песке.

Исторический обзор формирования прибрежных территорий Царицына — Сталинграда — Волгограда

Остановимся на особенностях формирования прибрежных территорий Волгограда. В градостроительной истории Царицына — Сталинграда — Волгограда главным действующим лицом всегда была Волга, великая река не только России, но и всей Европы. Царицын возник в том месте, где Волга своей крупной излучиной, протянувшейся на 25 км, прорезывает переход из степи в прикаспийские пустыни. Такие территории у середины излучины — это место встречи двух речных дорог, место перевалки грузов. Граница. Форпост. Главным назначением Царицынской крепости была охрана волжского судоходства.

Для города река всегда являлась тем природным магнитом, который притягивал к себе самые важные городские узлы [3]. В период индустриального развития на реку «сели» крупнейшие заводы-гиганты — металлургический («Красный Октябрь»), орудийный («Баррикады»), Сталинградский тракторный. Послевоенная реконструкция планировочной структуры Сталинграда поставила своей задачей формирование новой структуры, ориентированной на Волгу, создание продольных (параллельных Волге) и поперечных магистралей, которые формировались для связи города и реки. Волга использова-

лась в послевоенных генпланах в качестве главного градоформирующего фактора. Архитектура города стремилась следовать двум главным принципам, которые впоследствии стали градостроительными традициями: первое — обращенность главных ансамблей на Волгу либо связь их с набережными; второе — создание выразительного образа волжского фасада, панорамы города со стороны реки.

Волгоград тянется вдоль реки почти на сто километров, послушно следуя ее изгибам и почти не отдаляясь. В 1970-е гг. пересилило притяжение союзного центра: московская трасса подтянула к себе новую застройку, и возник жилой микрорайон Семь ветров. Со стороны Волги город целостно воспринимается на всем своем протяжении с севера на юг. Уникальный пример развития единого архитектурного образа города с миллионным населением (рис. 1).

Рис. 1. Речной фасад Волгограда. Фото авторов

В отличие от других волжских городов, Волгоград до сих пор не смог «оседлать» реку мостами, Волга здесь растекается вширь весной до двух километров. Поэтому город всей своей стокилометровой подковой обращен не на застройку, а на природу — природный парк «Волго-Ахтубинская пойма». Город, как зритель, расположился на стекающихся к реке террасах и постоянно следит за действием под названием «Времена года».

Немногие города имеют речные вокзалы, построенные по индивидуальным проектам с учетом специфики городской среды. В число таких городов входит Волгоград со своей знаменитой на всю Волгу набережной. Волгоградский речной вокзал, построенный по проекту архитектора Т. Садовского, — крупнейшее сооружение подобного типа в Европе. Его длина составляет 296 м, ширина — 36 м, высота по верхней точке — 47 м. К вокзалу одновременно могут причаливать шесть теплоходов. Зал ожидания рассчитан на 700 чел., и порт, наверное, еще не забыл те времена, когда он был крупнейшим по пассажирскому грузообороту портом на Волге. Органически вписывающееся в ландшафт, легкое по массам, здание речного вокзала со своей четкостью горизонталей в качестве композиционного центра играет доминантную роль на огромных просторах набережной. Горизонтальность линий речного вокзала удачно «перебивает» цилиндр — объем панорамного ресторана. Фасад, выходящий на Волгу, представляет собой стеклянный витраж, придающий легкость архитектуре здания, а фасад, обращенный в сторону склона набережной, решен в более пластичных и массивных архитектурных формах, что было закономерно и эстетически оправдано.

Волгоградская набережная, спроектированная по проекту архитекторов В. Симбирцева и И. Фиалко, разделена на две террасы. Нижняя терраса непосредственно примыкает к Волге, верхняя же возвышается над ней на 15…20 м. С верхних отметок открываются великолепные виды на волжские дали, здесь формируется основное место народных гуляний, праздников и концертных выступлений. Террасы связаны между собой многочисленными лестницами и пандусами. Двухъярусные террасы над водой поражают игрой пространства, связанной с «удвоением» среды, разнесенной по разным уровням. Верхняя набережная связана с городом, улицами, кварталами, тогда как нижняя связана с водой и служит для отдыха. На зеленых склонах формируется каскад каменных террас, засаженных деревьями и создающих удивительную глубину городского пространства. Это соединение пандусов, подпорных стенок, зданий и башен одного цвета и материала в сочетании с искривленным руслом реки создает самый яркий образ городского пространства удивительной глубины и пластичности. Особенно выделяется центральная лестница, которая выводит непосредственно к Волге. Гранитная лестница растянулась на 45 м. Верхняя отметка лестницы начинается с парадных ворот — пропилей (рис. 2), за ними вверх поднимается эспланада Аллеи Героев, которая выводит в самое сердце Волгограда — Площадь Павших Борцов. Во всех проектах послевоенной реконструкции города Аллея Героев рассматривалась в качестве парадного монументального входа в город. В настоящее время Волгоград активно развивается. Проведена реконструкция набережной города, Центрального парка культуры и отдыха, идет преобразование поймы реки Царицы.

Рис. 2. Пропилеи на набережной Волгограда. Фото авторов

Прибрежная зона используется для целей рекреации и созерцания панорам. Здесь располагаются речные ворота городов, которые остаются самыми привлекательными из всех въездов в город: вода придает городу новое качество, помогая создать незабываемый архитектурный образ городского ландшафта. На рис. 3 представлен градостроительный анализ прибрежных территорий Волгограда, на рис. 4 — прибрежных территорий поволжских городов Казани, Самары, Чебоксар, Ульяновска, Саратова с выделением линейной, рядной и узловой схем планировочной организации.

Рис. 3. Градостроительный анализ прибрежных территорий Волгограда. Авт. — М. Венгер, рук. — А. В. Антюфеев

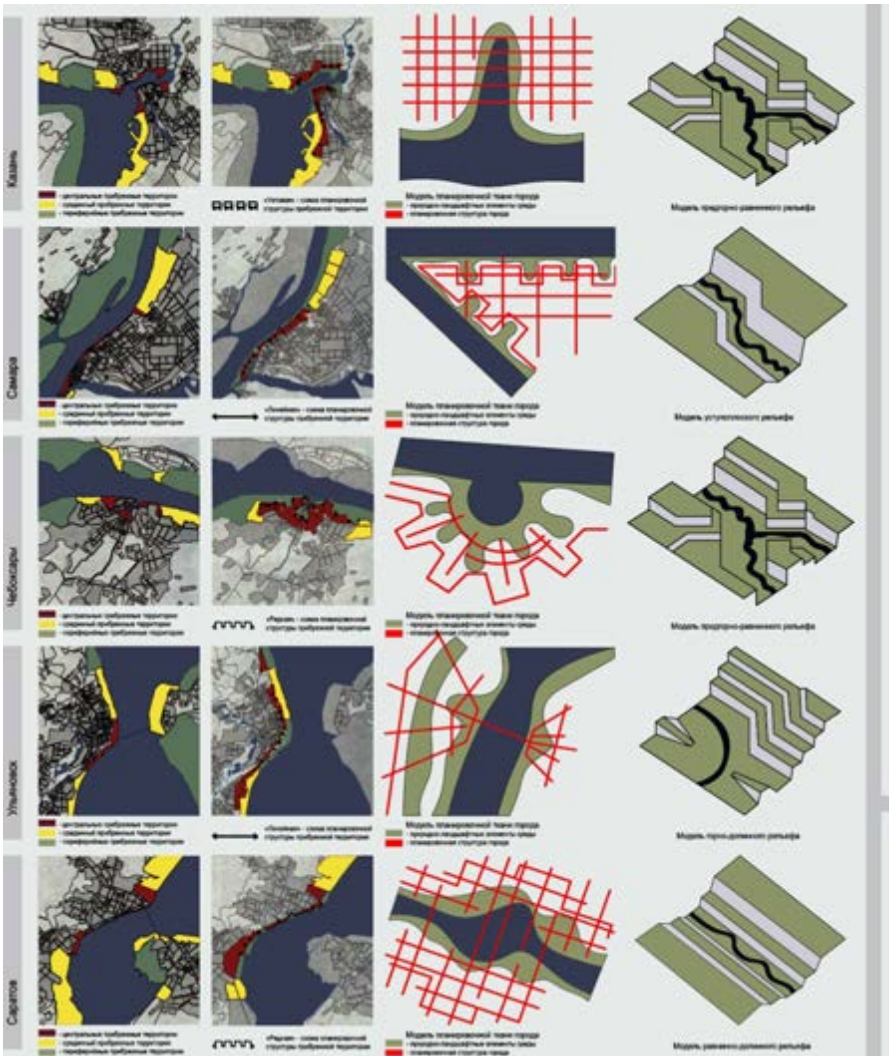


Рис. 4. Градостроительный анализ прибрежных территорий поволжских городов Казани, Самары, Чебоксар, Ульяновска, Саратова. Авт. — М. Венгер, рук. — А. В. Антюфеев

Архитектурные подходы к формированию прибрежных территорий городов

Архитектурно-эстетические проблемы также должны быть решены в процессе градостроительной реконструкции прибрежных территорий поволжских городов. Для многих поволжских городов характерной особенностью является недостаточно высокий эстетический уровень застройки, формирующей фронт соприкосновения с селитебной зоной, а также панораму города со стороны Волги. В этой связи отметим прошедшие и объявленные международные конкурсы на концепции развития прибрежных территорий. В частности, выделим конкурс в Казани, прошедший в 2021 г., а также конкурс в Волгограде, который проходит в рамках фестиваля ЭКОБЕРЕГ-2022.

Представленные проекты показывают, что основными архитектурными подходами к организации прибрежных территорий должны стать следующие:

- формирование силуэтов и скайлайнов вдоль линии берега (см. рис. 1);
- выразительная архитектурно-планировочная организация береговой линии как встречи человека и реки;
- организация визуальных коридоров на речные панорамы и висты, а также пешеходных выходов к реке.

Необходимым условием оживления жизни в городе на воде должно быть формирование системы водного транспорта, речного такси и причалов вдоль береговой линии.

Проблемы эколого-градостроительной реконструкции прибрежных территорий крупных городов Поволжья

Практика показывает, что именно прибрежные территории становятся объектом наиболее интенсивного градостроительного освоения, местом концентрации техногенной и рекреационной нагрузок [3—5]. Огромные прибрежные территории городов заняты в настоящее время промышленными производствами, коммунальными и транспортными сооружениями. Анализ планировочной структуры городов Поволжья выявил наличие значительных участков промышленной застройки на прибрежных территориях, своим протяженным фронтом закрывающих выходы к акватории селитебных районов. Так, общая протяженность берегового фронта, занятого промышленной застройкой, составляет в Волгограде 58 %, Ижевске — 52 %, Нижнем Новгороде — 51 %, Казани — 33 %, Астрахани — 31 %, Саратове — 27 % общего берегового фронта города [4]. Оккупация ценных береговых территорий промышленной застройкой была обусловлена бурным индустриальным развитием поволжских городов в конце XIX — начале XX века, а также экстенсивной направленностью индустриализации в советский период. Новые заводы размещались на прибрежных территориях вдоль реки, вокруг нового крупного предприятия вырастал рабочий поселок и обслуживающая инфраструктура, а затем этот промышленно-селитебный район присоединялся к собственно городу.

Например, в Царицыне — Сталинграде в период индустриального развития на реку «сели» крупнейшие заводы-гиганты — металлургический («Красный Октябрь»), орудийный («Баррикады»), Сталинградский тракторный (ВТЗ), «Химпром». Послевоенная реконструкция планировочной структуры Сталинграда поставила своей задачей формирование новой структуры, ориентированной на Волгу, создание продольных (параллельных Волге) и поперечных магистралей, которые формировались для связи города и реки. Однако сформировать качественную городскую среду удалось только в цен-

тральной части Волгограда. Практически все градообразующие предприятия располагаются на самых лучших участках городской территории — непосредственно на берегу Волги, закрывая выход города, жилых районов к реке, и растягивают планировочную структуру города в линейном направлении.

В настоящее время в Волгограде экстенсивное территориальное развитие только за счет промышленных предприятий-гигантов остановилось [5]. Но вместе с тем город продолжает по инерции расти дальше на юг и на север, между его крайними точками уже почти сотня километров. Огромные протяженные прибрежные пространства до сих пор остаются во власти производственного использования либо из-за падения промышленного производства превратились в пустыри. Результатом такого длительного техногенного давления является заметная деградация прибрежных ландшафтов по отношению к другим городским территориям [2, 4].

Небольшие участки набережных и городских пляжей, которые остаются доступными для населения, испытывают в летний период сильнейший рекреационный пресс. В поволжских городах, как в Волгограде, так и особенно в Самаре, прибрежные пространства набережных всегда активно задействованы в системе организации летнего отдыха на воде.

Восстановление городских прибрежных территорий является одним из самых актуальных и перспективных направлений градостроительства и ландшафтной архитектуры, с которым связана экологическая реконструкция и повышение эстетического потенциала городской среды. Береговые территории составляют основу экологических каркасов городов [3]. Оздоровление городской среды, улучшение ее качеств во многом зависят от результатов экологической реконструкции прибрежных территорий крупных городов. Превращение этих экологически напряженных городских пространств в устойчивые элементы «экологической инфраструктуры» города составляет основную цель преобразований.

Актуальность разработки проблемы научно обоснованных направлений эколого-градостроительной реконструкции прибрежных территорий крупнейших городов определяется:

- необходимостью улучшения экологического качества городской среды, ее оздоровления;
- сосредоточением на ценных прибрежных территориях преимущественно промышленной застройки;
- пересмотром стратегий устойчивого развития крупнейших городов (от создания условий для развития промышленности к формированию полноценной комфортной среды проживания горожан).

Важнейшим направлением эколого-градостроительной реконструкции поволжских городов является разрешение проблем, отчетливо проявляющихся в условиях такого крупнейшего индустриального центра, как Волгоград. К этим проблемам относятся в первую очередь экологические. В прибрежной зоне размещены предприятия металлургической, машиностроительной, химической отраслей, имеющие в своем составе производства I и II классов вредности. Производственные объекты (наряду с автотранспортом) являются основными загрязнителями окружающей среды города: жилые территории Волгограда практически полностью находятся в зонах с превышением нормативных показателей уровня загрязнения атмосферного воздуха (более

1 ПДК) [4]. Такая ситуация требует принятия комплекса мероприятий, направленных на оздоровление городской среды и оптимизацию функционально-пространственной структуры города.

Кроме того, следует выделить структурно-производственные проблемы, связанные с особенностями пространственной организации сложившихся производств [5, 6]. Основу промышленных предприятий, разместившихся на прибрежных территориях, составляют морально устаревшие крупнейшие производства комплексного типа. Особую роль в решении данных задач играют мероприятия по планировочной реорганизации производственных территорий. Разрешением этих проблем, очевидно, является вывод умирающих заводов-гигантов с занимаемых ими территорий.

В связи с этим следует выделить ряд проблем функционально-планировочного характера. На прибрежных территориях сложилась запутанная и сложная планировочная структура, чересполосица участков различного функционального назначения. Территории характеризуются низкой плотностью промышленной застройки и интенсивностью освоении. Очевидна необходимость совершенствования планировочной структуры территории города, в особенности в зонах непосредственной близости производственных территорий и селитебных зон.

Эколого-градостроительные подходы к реконструкции прибрежных городских территорий

В соответствии с названными проблемами в числе мероприятий эколого-градостроительной реконструкции можно назвать следующие:

- реорганизация производственных территорий;
- поиск вариантов наиболее эффективного с экологической точки зрения использования прибрежных территорий и организация их доступности для населения;
- архитектурно-ландшафтная реконструкция прибрежных территорий.

Поэтапная реорганизация производственно-коммунальных территорий должна включать в себя ликвидацию источников загрязнения, проведение мероприятий по технологической реконструкции, направленных на снижение вредного экологического воздействия в общегородском масштабе, вывод экологически опасных цехов, снижение размеров санитарно-защитных зон в результате проведения на предприятиях комплексных природоохранных мероприятий по снижению выбросов.

Самым сложным в цепочке эколого-планировочных мероприятий является замещение производственных функций на особо ценных в градостроительном отношении прибрежных территориях для развития общественно-деловых зон, жилой застройки, рекреационных зон. Робкие попытки местных властей увеличить арендную плату для промпредприятий за ценную городскую землю, нацеленные на рыночное решение проблем и освобождение территорий, результата не приносят. С. Б. Чистякова отмечает, что масштабность основных экологических проблем города относит их к сфере общественных неделимых благ, сложно поддающихся рыночным методам регулирования [5, 7]. Отсутствие воли у муниципальных и региональных властей, лоббирование на всех уровнях интересов владельцев этих теперь уже частных приватизированных предприятий сопровождают вялотекущий процесс медленного «угасания» огромных заводов. Прибрежные территории превращаются в «зоны», знакомые по фильму «Сталкер».

Другим направлением реконструкции должно стать эффективное использование территории прибрежных территорий — выборочное уплотнение, упорядочение застройки, санация, рекультивация, комплексное благоустройство и озеленение территорий предприятий, развитие инженерной и транспортной инфраструктур сохраняющихся производственных объектов [8].

Поиск вариантов решения названных проблем городского развития стал целью многочисленных экспериментальных проектных разработок, выполненных авторами статьи. Экспериментальные проекты выполнены для различных масштабов, начиная с уровня территориального проектирования до проектов ландшафтной организации территории.

К уровню территориального проектирования относится концепция формирования целостной градостроительной системы «Большой Волгоград», в рамках которой можно обеспечить эколого-градостроительное равновесие. За основу принято утверждение, что экологическое равновесие среды может быть достигнуто только на уровне расселения, т. е. на достаточно обширной территории, ресурсы которой позволяют компенсировать ущерб, наносимый природной среде активными компонентами техногенного воздействия (городами) [9]. Идея состоит в том, чтобы транспортно замкнуть планировочное «полукольцо», которое образовалось в результате территориального роста Волгограда, Волжского и их пригородов. При этом в центре градостроительной системы «Большой Волгоград» окажется не урбанизированная застройка, а огромный природно-ландшафтный комплекс «Волго-Ахтубинская пойма». Линейная планировочная структура Волгограда, которая узкой полосой «обнимает» речную артерию, позволяет использовать уникальный шанс приближения жилья к природе, который отсутствует у городов с традиционной компактной структурой [10].

Следующий уровень экспериментальных проектов относится к реконструкции прибрежных территорий, расположенных в центральной части города. Здесь решались задачи функциональной реорганизации территорий (замена функций и расширение общественного использования), обеспечения доступности и формирования системы выходов к акваториям, а также задачи экологизации городской среды средствами ландшафтной архитектуры.

Нарушенная экология портовой территории в сочетании с низкой эффективностью освоения стала основной причиной для пересмотра их назначения. Изменение содержания использования территории потребовало принятия решения по формированию пешеходных пространств, использования элементов ландшафтной архитектуры для возвращения портовой территории горожанам в новом экологическом качестве.

Проект «Концепция освоения поймы р. Царица» относится к одному из самых проблемных мест в городе и ставит своей целью организацию пространства поймы реки Царицы, которая является природной поперечной осью, выходящей к Волге (рис. 5). В настоящее время эта территория освоена фрагментарно. В проекте предлагается сохранение обширных зеленых пространств и воссоздание компенсирующей природной среды для повышения устойчивости развития этого одного из немногих сохранившихся «зеленых клиньев» города.

Известный советский и российский градостроитель В. В. Владимиров писал, что городская экосистема полиморфна, она не может полностью

вписаться в природную или антропогенную субсистему города [11]. Уникальность городской экосистемы обусловливает невозможность ее усовершенствования путем реконструкции какого-то одного типа структур — природных или антропогенных. Только широкая интеграция экологических знаний способна решить эколого-градостроительные проблемы крупнейших городов.

Экспериментальное проектирование позволило сформулировать ряд принципов эколого-градостроительной реконструкции прибрежных районов городов для создания экологически чистой и комфортной городской среды:

- совершенствование функционального зонирования реконструируемых территорий в соответствии с общей направленностью на освобождение прибрежных территорий от промышленных предприятий и расширение общественных функций;
- формирование системы планировочных выходов к акваториям;
- формирование системы общественных центров планировочных районов, находящихся на пересечении природно-экологического, социального и технического каркасов и выполняющих функции контактно-стыковых узлов;
- соблюдение баланса между элементами названных каркасов с приоритетом природно-экологических компонентов;
- рекультивация нарушенных территорий и их ландшафтная реконструкция, формирование специфической городской природы средствами ландшафтной архитектуры.

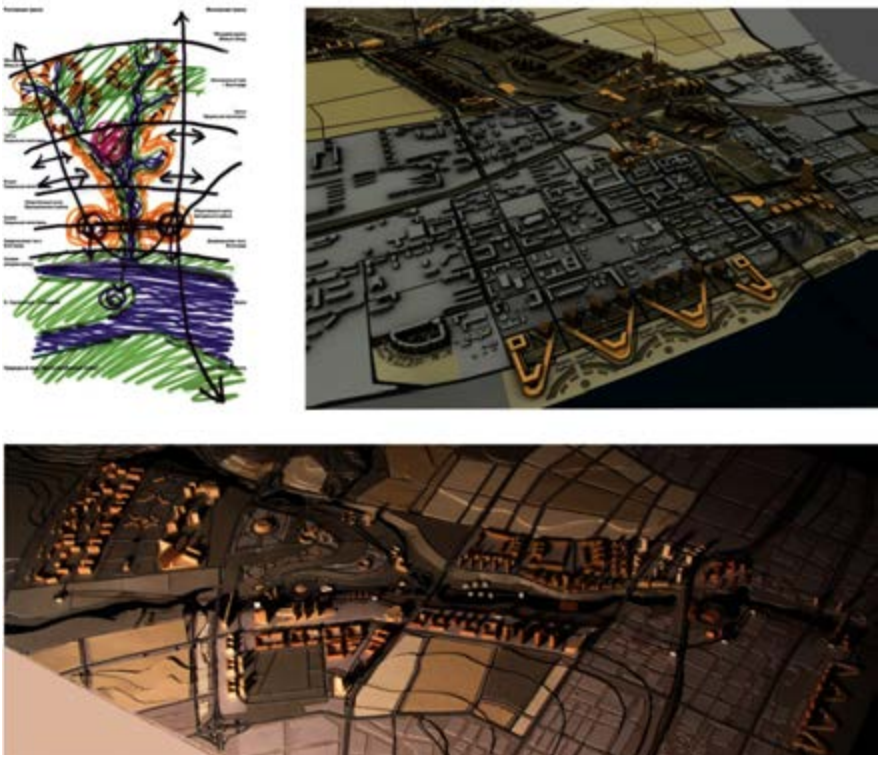


Рис. 5. Градостроительная концепция «Ландшафтно-градостроительный комплекс „Царицынская долина“ в г. Волгограде». Арх. А. В. Антюфеев, В. В. Толочко, И. А. Кагайкин, Н. А. Литвиненко

Преобразование депрессивных районов благоприятствует устойчивому городскому развитию, так как оно оживляет заброшенные территории и структуры, формируя более привлекательную городскую среду [12]. В целом реконструкция деиндустриализованных объектов содействует позитивным процессам джентрификации промышленных городов [13].

В Волгограде, как и во многих российских индустриальных городах, в настоящее время активно решаются проблемы по возрождению освободившихся промышленных территорий, которые расположены в прибрежных зонах. В ходе разработки проектов определяются научно обоснованные направления совершенствования градостроительной структуры в аспекте исследуемых проблем, включающие пространственные схемы функционально-планировочной организации нового общественного центра Волгограда в буферной зоне завода и селитебной территории и предложения по реконструкции промышленной застройки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Владимиров В. В., Саваренская Т. Ф.* Градостроительство и экология. М., 2000.

2. *Brady D., Wallace M.* Deindustrialization and poverty: manufacturing decline and AFDC recipiency in Lake County, Indiana 1964—1993 // Sociological Forum. 2001. Vol. 16. No. 2. Pp. 321—358.

3. *Птичникова Г. А.* Современные тенденции городского развития: архитектурное обновление как джентрификация // Современная архитектура мира. Вып. 3. М. — СПб. : Нестор-История, 2013. С. 177—190.

4. *Владимиров В. В., Саваренская Т. Ф., Смоляр И. М.* Градостроительство как система научных знаний. М., 1999.

5. *Чистякова С. Б., Акопов Л. В.* Реконструкция жилой застройки и безопасность среды обитания // АСМ. 2005. № 2-3.

6. *Середа Е. В., Янковская Ю. С.* Стратегия развития депрессивных приречных территорий города Тюмени // Актуальные вопросы современной науки и практики : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 13 апр. 2021 г. Уфа, 2021. С. 345—349.

7. *Середа Е. В., Янковская Ю. С.* Теоретическая модель преобразования промышленных приречных территорий г. Тюмени на основе анализа отечественного и зарубежного опыта // Евразийское научное объединение. 2021. № 2(72). С. 122—125.

8. *Wang H., Mei C., Liu J., Shao W.* A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city // Sci. China Ser. E Technol. Sci. 2018. Vol. 61. Pp. 317—329.

9. *Антюфеев А. В.* Градостроительная реновация депрессивных производственных территорий в крупных индустриальных городах (на примере Волгограда) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 1. С. 100—105.

10. *Птичникова Г. А., Антюфеев А. В.* Имидж современного города и его архитектурный образ // Социология города. 2015. № 3. С. 5—21.

11. *Antyufeev A., Ptichnikova G.* Urban regeneration of plants' territories in industrial cities of Russia: a case study in Volgograd city // 3rd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2017). SHS Web of Conferences 35, 2017. P. 01003.

12. *Krasilnikova E. E., Antyufeev A. V.* Strategic decision making on spatial development. Bratislava : ROAD/SPECTRA Centrum Excellencies, STU, 2014. Pp. 59—87.

13. *Антюфеев А. В., Числова И. Ю.* Функционально-планировочные аспекты реновации депрессивных промышленных территорий в приречных зонах городов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. № 2(79). С. 194—202.

© Птичникова Г. А., Антюфеев А. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Птичникова Г. А., Антюфеев А. В. Город, река и архитектура // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 350—362.

Об авторах:

Птичникова Галина Александровна — д-р архитектуры, проф., чл.-корр. РААСН, главный научный сотрудник филиала ЦНИИП Минстроя РФ «Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства»; проф. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ptichnikova_g@mail.ru

Антюфеев Алексей Владимирович — канд. архитектуры, проф., зав. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ORCID: 0000-0002-4895-0094; Scopus Author ID: 57200195262; antyufeev_a@mail.ru

Galina A. Ptichnikova[a, b], Alexey V. Antyufeev[b]

[a] The Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

[b] Volgograd State Technical University

CITY, RIVER AND ARCHITECTURE

The study was carried out within the framework of the Program of Fundamental Scientific Research of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences and the Ministry of Construction, Housing and Communal Services of the Russian Federation for 2022

The article discusses the features of the development of the coastal territories of large Volga cities in Russia. An assessment of the urban structure of the riverine territories of Volgograd, one of the largest industrial cities in the Volga region, is given. The authors reveal the main architectural and ecological urban planning approaches to the organization of coastal urban areas.

K e y w o r d s: embankment, river station, visual architecture, water front, coastal urban areas, renovation, gentrification of depressed industrial areas.

For citation:

Ptichnikova G. A., Antyufeev A. V. [City, river and architecture]. *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], 2022, iss. 3, pp. 350—362.

About authors:

Galina A. Ptichnikova — Doctor of Architecture, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Chief Researcher of the Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIITIAG RAASN); Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2629-4225; vp_niitag@mail.ru

Alexey V. Antyufeev — Candidate of Architecture, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-4895-0094, Scopus Author ID: 57200195262; antyufeev_a@mail.ru

УДК 711.05:721.01(470.620)

О. С. Субботин

Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина

КОМФОРТНАЯ СРЕДА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Рассматривается среда жизнедеятельности с точки зрения комфортности территориального образования, в частности отдельно взятых прибрежных территорий. Представлен обзор научных исследований ученых, внесших вклад в изучение проблемы организации среды жизнедеятельности. Обозначена ведущая роль прибрежной территории как фактор устойчивого развития города. Акцентируется внимание на экологической ситуации исследуемых территорий. Отмечается важность комплексного благоустройства и надлежащего зонирования прибрежных территорий. Раскрыты особенности архитектурно-композиционного формирования приморских набережных Краснодарского края.

К л ю ч е в ы е с л о в а: прибрежные территории, комфортность, объект, среда жизнедеятельности, набережная, архитектурное наследие, формирование, структура.

Архитектура и окружающие природные компоненты, включающие в себя пространство, доступное человеку, находятся в динамической системе, одновременно формируя среду жизнедеятельности. Человек в определенной степени подчинен миру природы, с которой связана его физическая и духовная жизнь. Непреложная истина гласит, что архитектура не должна вступать в конфронтацию с природой, а должна гармонировать и сочетаться с ней. Природное разнообразие является потенциальным ресурсом для формирования среды жизнедеятельности.

Рассматривая возможность создания комфортной среды жизнедеятельности на территориях городских и сельских поселений, правомерно применять такое понятие, как «прибрежная территория». Архитектурно-планировочная организация прибрежной среды поселений, отличающаяся в каждом из населенных пунктов протяженностью и обширностью территорий, представляет собой совокупность элементов отдельных зон и участков, а также огромный ресурс экоустойчивой привлекательности. Комфортность пространства прибрежных территорий поселений, а также их различных объектов непосредственно оказывает влияние на уровень среды жизнедеятельности человека.

Характеризуя степень разработанности исследуемой темы, необходимо в первую очередь подчеркнуть, что проблема преобразования прибрежных территорий в системе городских и сельских поселений рассматривалась многими отечественными и зарубежными учеными.

Особенности формирования среды жизнедеятельности с учетом процессов устойчивого развития территорий в различные исторические периоды отмечены в работах отечественных ученых: А. Гельфонд [1], В. Нефедова [2], П. Олейникова [3], Г. Птичниковой [4]. Научные основы социальных исследований в архитектуре общественного пространства и вопросов, касающихся среды жизнедеятельности города, раскрыты в зарубежных трудах: А. Гринфилда [5], К. Дэвидсона [6], М. Стопера [7], Д. Харви [8].

Несмотря на большое количество проведенных исследований по основам архитектурно-планировочного анализа прибрежных территорий, тема исследования, особенно на региональном уровне, по-прежнему представляет научный и практический интерес. В результате интенсивного хозяйственного освоения прибрежного пространства возникает актуальная проблема — поиск рациональных решений обеспечения устойчивого развития прибрежных территорий с учетом уникального природного потенциала. Наряду с этим прибрежные зоны в большей степени «находятся в экстремальной экологической ситуации» [9].

Цель исследования — проанализировать наиболее значимые теоретические и практические проблемы, связанные со средой жизнедеятельности, выявить факторы, определяющие комфортность прибрежных территорий.

Реализация поставленной цели осуществляется посредством определенных задач:

- исследовать концептуальные и теоретические аспекты формирования благоприятной среды жизнедеятельности на прибрежных территориях;
- проанализировать процесс хозяйственного освоения прибрежных территорий в исторические периоды развития поселений;
- рассмотреть роль прибрежной территории, непосредственно связанную с формированием устойчивого развития города;
- обосновать место набережных в системе общественных организационных пространств;
- охарактеризовать влияние экологической ситуации на потенциал прибрежных территорий.

Объектом исследования является архитектурно-планировочная структура прибрежных территорий.

Предмет исследования — специфика преобразования среды жизнедеятельности на прибрежных территориях.

Методологическая основа исследования — теоретические и практические положения по формированию комфортной среды жизнедеятельности, историко-композиционный и сравнительный анализы планировочной структуры прибрежной территорий поселений.

Территориальная организация прибрежной среды представляет собой упорядоченное взаиморасположение предметно-пространственных структур возле различных водоемов. Закономерно в данном отношении утверждение Р. Флорида о том, что высокоразвитые, культурные города — это «прекрасные урбанистические оазисы» [10]. Зеленые насаждения, деревья, пешеходные дорожки и скамейки оживляют прибрежную территорию [11]. При этом необходимо учитывать «социальные потребности и организацию среды» жизнедеятельности [12]. Также надлежащим образом, в соответствии с законодательством, подготовленная информационно-коммуникационная инфраструктура обладает богатым стратегическим потенциалом, в большей степени позволяющим «раскрыть общественное пространство» [13].

Привлекательность прибрежных территорий населенных пунктов, в том числе набережных, продиктована желанием посетить их не только местными жителями, но и многочисленными туристами. Формируется определенный имидж данных территорий, своеобразный бренд населенного пункта как внутри региона, так и в целом по стране (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Архитектурная композиция набережных в Сочи

Краткая характеристика	Особенности местоположения	Фрагменты экстерьера
Центральная набережная протяженностью 3 км, выложена живописным рисунком тротуарной плитки. На набережных гармонично установлены малые архитектурные формы: изящные светильники, декоративные лавочки и монументы. Пешеходная аллея Центральной набережной Адлера идет строго по прямой, не расходясь на разные террасы. На набережной реки Сочи находятся городские общедоступные и принадлежащие санаториям и отелям пляжи. Набережная в Олимпийской деревне растянулась почти на 7 км вдоль Черного моря	Центральная (Приморская) набережная (Променад). От Южного мола у здания Морского вокзала до пр. Пушкина	
	Верхняя набережная Сочи (Верхний уровень Центральной набережной). Верхний уровень ограничен концертным залом «Фестивальный» и Зимним театром	
	Набережная реки Сочи. Правый берег р. Сочи: от Ривьерского моста до ТЦ «Море-молл». Левый берег: от устья р. Сочи до развязки Краснодарского кольца	
	Центральная набережная Адлера проходит параллельно ул. Просвещения. Начинается возле ТРЦ «Мандарин» и далее идет до территории санатория «Южное взморье»	
	Набережная в Олимпийской деревне. Начинается у отеля «Имеретинский» и следует вплоть до пограничной сетки с Абхазией	

Таблица 2

Архитектурная композиция набережных в Геленджике

Краткая характеристика	Особенности местоположения	Фрагменты экстерьера
Набережную можно условно разделить на взаимоувязанные составляющие: Южную и Северную. Северная, в свою очередь, делится на две структурные единицы. Вместе с тем предметно-пространственные характеристики данной набережной отражают целостность ее формы, продиктованной архитектурной тектоникой. В декоративном оформлении сооружения преобладает белый цвет	Набережная, расположенная в южной части города, начинается от Толстого мыса и доходит до аквапарка «Бегемот». На данной территории находятся парки и скверы	
	Центральная набережная. Протяженность — от аквапарка «Бегемот» до ул. Садовой. Здесь сконцентрирована значительная часть малых архитектурных форм	
	Набережная, расположенная в северной части города, начинается от ул. Садовой и проходит до Тонкого мыса. Прекрасное место для любителей тихого отдыха	

Особое внимание необходимо также уделять реконструкции и капитальному ремонту уже существующих набережных. На рис. 1 и 2 представлены концептуальные решения по реконструкции набережной в г. Славянске-на-Кубани Краснодарского края. Основная идея композиционного решения дорожно-тропиночной части навеяна сбалансированным потоком воды, состоящим из различных ручейков. Гармонично расположенные различные пути движения по территории набережной плавно вливаются в центральную улицу — своеобразной променад. При проектировании учтена возможность подключения отдельных объектов и сооружений к центральным инженерным сетям.

Рис. 1. Фрагмент экстерьера центральной аллеи набережной в г. Славянске-на-Кубани Краснодарского края. Вариант 1

Рис. 2. Фрагмент экстерьера юго-восточной части пешеходной аллеи в г. Славянске-на-Кубани Краснодарского края. Вариант 2

Выполненное функциональное зонирование территории ориентировано на проведение тематических мероприятий для различных возрастных групп населения, а также для маломобильных групп граждан. Территории разделены

между собой для организации как активного, так и тихого отдыха. В основе концепции лежит основополагающая задача, нацеленная на формирование благоприятной эстетической и культурной среды набережной «с экологическими принципами» [14] прибрежной территории. Наряду с этим применение «аналитических методов» [15] во многом способствовало принятию выверенных решений при разработке архитектурной концепции.

Строительство и реконструкция большинства набережных непосредственно связаны с большим объемом инвестирования. Привлекаются денежные средства централизованного фонда государства и внебюджетные средства частных компаний и физических лиц. Соответственно, договорные обязательства должны носить взаимовыгодный характер сотрудничества, выполнения определенных условий для создания комфортных условий на прибрежных территориях.

Одновременно культурно-исторический фактор формирования среды жизнедеятельности является основополагающим в истории становления прибрежных территорий, от которого в большей степени зависит ее дальнейшее развитие и формирование. Культурно-исторические факторы — уникальные памятники народного зодчества, совокупность элементов природного ландшафта, исторической планировки территорий. Все это в целом на протяжении длительных периодов становления поселений формировало бесценный потенциал прибрежного пространства. «Длительность формирования и большая устойчивость» объектов на прибрежных территориях [16] требуют учета обозримых перспектив развития общества.

Выводы

1. Анализ становления и формирования исторической архитектурно-планировочной структуры является необходимым для выявления особенностей ее дальнейшего развития. Важным аспектом в этой связи становится определение приемов и методов формирования среды жизнедеятельности во взаимосвязи с природным окружением и искусственно созданным ландшафтом. Сохраняя историческую среду поселений с художественным восприятием культурного наследия, мы одновременно сохраняем нашу историческую память и многовековые национальные традиции. Своеобразная архитектурно-пространственная структура среды жизнедеятельности сформировалась в конкретных природно-климатических и ландшафтно-географических условиях осваемой прибрежной территории.

2. Градостроительную композицию прибрежных территорий нельзя рассматривать изолированно от функциональных, экологических и художественно-эстетических качеств расположенных на ней архитектурных объектов, созданных с позиции организации комфортной среды жизнедеятельности. При этом в ряде случаев особенно важно воссоздание утраченных архитектурно-градостроительных качеств прибрежных территорий. Целостность композиции прибрежной территории отчетливо проявляется в ее силуэтно-панорамных характеристиках, подчеркивающих значимость глубины и масштаба простирающегося водного пространства. Большинство осваемых прибрежных территорий характеризуется довольно выраженным живописным рельефом по отношению к акватории водного пространства.

3. Воссоздание и дальнейшее сохранение специфических качеств прибрежной территории является основным требованием в аспекте формирования пол-

ноценной и комфортной среды жизнедеятельности. В архитектурно-планировочной организации населенных пунктов должна быть предусмотрена разработка теоретических моделей устойчивого развития конкретных прибрежных территорий исследуемых поселений с учетом их исторического развития. Прибрежная среда поселения является органической частью пространственной структуры населенного пункта, образуя тем самым его целостный пейзаж.

4. В ситуации последних десятилетий, характеризующейся возросшей степенью урбанизации, создание рекреационных пространств на прибрежных территориях аккумулирует город в целях создания надлежащих условий для культурного отдыха, непосредственного общения с природным ландшафтом. Поэтому обеспечение комфортности среды жизнедеятельности на прибрежных территориях — одна из сложных, но в то же время приоритетных и значимых фундаментальных сущностей. Поэтому многое зависит от профессионализма исполнителей различных профессий — архитекторов, градостроителей, конструкторов, экономистов и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гельфонд А. Л.* Концепция формирования комфортной городской среды малых исторических городов // Жилищное строительство. 2018. № 12. С. 31—37.

2. *Нефедов В. А.* Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб. : Полиграфист, 2002. 295 с.

3. *Олейников П. П.* Решение социокультурных проблем при организации мест развлечений и отдыха в довоенном Сталинграде // Инженерно-экологические проблемы строительного комплекса региона : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. С. 170—173.

4. *Птичникова Г. А., Олейников, П. П.* Общественное пространство советского города 1930-х гг. (на примере проектов площадей Сталинграда) // Архитектурное наследство. 2014. № 60. С. 285—298.

5. *Гринфилд А.* Радикальные технологии: устройство повседневной жизни / Пер. с англ. И. Кушнаревой. М. : Дело, 2019. 421 с.

6. *Дэвидсон К.* Как читать архитектуру: интенсивный курс по архитектурным стилям / Пер. с англ. А. Романова. М. : Рипол классик, 2011. 256 с.

7. *Сторпер М.* Ключи от города. Как устроено развитие? / Пер. с англ. О. Шамина. М. : Strelka, 2018. 364 с.

8. *Харви Д.* Социальная справедливость и город / Пер. с англ. Е. Герасимовой. М. : Новое литературное обозрение, 2018. 435 с.

9. *Субботин О. С.* Проблемы архитектурно-планировочной организации прибрежной среды г. Краснодара // Жилищное строительство. 2019. № 12. С. 8—13.

10. *Флорида Р.* Новый кризис городов: джентрификация, дорогая недвижимость, растущее неравенство и что нам с этим делать / Пер. с англ. Н. Довгулевич. М. : Точка, 2018. 342 с.

11. Проектирование городских улиц / Кол. авторов NACTO ; пер. с англ. 3-е изд. М. : Альпина нон-фикшн, 2018. 192 с.

12. Субботин О. С. Инновационные материалы и технологии в зданиях общественного назначения Сочи // Жилищное строительство. 2016. № 11. С. 29—34.

13. *Маккуайр С.* Геомедиа: сетевые города и будущее общественного пространства / Пер. с англ. И. Третьякова. М. : Strelka, 2018. 208 с.

14. *Akhmedova E., Zhogoleva A.* On the concept of town-planning design of the agricultural cluster in a big city // MATEC Web of Conferences. 2017. P. 1023.

15. *Субботин О. С.* Методология исследования архитектурно-градостроительного развития Кубани // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 29—34.

16. *Субботин О. С.* Концептуальные особенности генеральных планов г. Краснодара // Вестн. МГСУ. 2011. № 6. С. 640—644.

© Субботин О. С., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Субботин О. С. Комфортная среда жизнедеятельности на прибрежных территориях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 363—370.

Об авторе:

Субботин Олег Степанович — д-р архитектуры, проф. каф. архитектуры, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина. Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; subbos@yandex.ru

Oleg S. Subbotin

Trubilin Kuban State Agrarian University

COMFORTABLE LIVING ENVIRONMENT IN COASTAL AREAS

The living environment is considered from the point of view of the comfort of a territorial formation, in particular, individual coastal territories. Scientific studies of scientists who have contributed to the study of the problem of organization of the living environment are presented. The leading role of the coastal territory as a factor in the sustainable development of the city is indicated. Attention is focused on the ecological situation of the studied territories. The importance of comprehensive improvement and proper zoning of coastal territories is noted. The features of the architectural and compositional formation of the seaside embankments of the Krasnodar Territory are revealed.

K e y w o r d s: coastal territories, comfort, object, living environment, embankment, architectural heritage, formation, structure.

For citation:

Subbotin O. S. [Comfortable living environment in coastal areas]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 363—370.

About author:

Oleg S. Subbotin — Doctor Architecture, Trubilin Kuban State Agrarian University. 13, Kalinina st., Krasnodar, 350044, Russian Federation; subbos@yandex.ru

УДК 721.01

То Нгок Май Нга

Ван Ланг Университет, Хошимин, Вьетнам

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ХОШИМИНЕ КАК АРХИТЕКТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА КУЧИ)

Городское сельское хозяйство (ГСХ) не только функционирует для производства местных продуктов питания, но и обеспечивает экологический баланс городской среды. Однако ГСХ в Хошимине, включая район Кучи, по-прежнему характеризуется проблемами и ограничениями. В статье обобщены преимущества и проблемы ГСХ Хошимина и предложены условия для развития архитектурного ландшафта в аспектах экологии, экономики, общества и эстетики на территориях ГСХ района Кучи.

Ключевые слова: городское сельское хозяйство, ландшафт, устойчивость, баланс, безопасность, природа, озеленение города.

Введение

Хошимин — один из двух крупнейших городов Вьетнама с населением более 9 млн чел., и это число постоянно растет (рис. 1). Обладая сильными сторонами в сфере торговли, услуг, промышленности и строительства, он приносит самый большой ВВП в стране. Стремительные темпы урбанизации Хошимина в последние годы привели к утрате природных компонентов окружающей среды, влияя на качество экологической среды и жизнь жителей[1], вызывая перегрузку инфраструктуры и среды, риск неустойчивого развития городов [1] .

Развитие ГСХ может быть одним из условий для устойчивого развития города, поддерживая общие интересы всех горожан, окружающей среды и общества [2]. ГСХ приносит продукты для обеспечения продовольственной безопасности, обладает способностью связывать социальные отношения и улучшать качество жизни, включая физическое и психическое здоровье городских жителей.

Точка зрения автора основана на повышения эффективности землепользования ГСХ с организацией пространств архитектурного ландшафта для сохранения зеленого пояса Хошимина (рис. 2). Это будет иметь двойной смысл, так как, защищая и развивая ГСХ, природные элементы в то же время являются ландшафтом для удовлетворения жизненных потребностей жителей, способствуя ориентации устойчивого развития городов в природной и социальной среде [3].

1. Общие проблемы и роли ГСХ в Хошимине и районе КуЧи

1.1. Проблемы ГСХ в Хошимине

Площадь угодий производства ГСХ постепенно уменьшается по времени. За пять лет (2015—2020) площадь земель производства ГСХ уменьшается

[1] *Емельянова А.* Комплексное формирование инфраструктуры прибрежных территорий как фактор устойчивого развития городской среды : магист. дис. по программе «Дизайн среды». СПб., 2020. 137 с.

на 2300 га (с 67 088,2 до 64 313,0 га), что составляет 3,5 %[2], тогда когда население Хошимина увеличилось на 1 млн чел. (с 8224,4 до 9227,6 чел.), что составляет 12,5 %. В 2020 г. произошла серьезная корректировка, 26 246 га угодий ГСХ преобразованы в земли несельскохозяйственного назначения[3]. Показатель площади земель ГСХ на душу населения составляет около 0,0127 га/чел., что является низким по сравнению с 0,184 га/чел. в мире (в 2018 г.)[4].

Рис. 1. Местоположения Хошимина во Вьетнаме

Рис. 2. Сельскохозяйственные и лесные земли создают зеленые экологические пояса на западе Хошимина

Развитие ГСХ неэффективно по сравнению с другими отраслями экономики. Площадь ГСХ по планированию в 2020 г. в Хошимине 88 005 га, равная 4,3 % от общей площади города (209 539 га)[5], но приносит лишь около 1 % ВВП города [4]. С экономической точки зрения норма эксплуатации на душу населения или на единицу площади земли ГСХ не приносит высоких доходов, хотя себестоимость продукции на гектар угодий ГСХ регулярно увеличивается [5].

Доходы фермеров невысоки. В 2017 г. в сфере сельского, лесного и рыбного хозяйства работало 49 365 чел. из общего числа населения города в 8 649 646 чел., среднегодовой доход был 2240,0 долл./чел.; в 2019 г. соответствующие показатели составляли 44 861 чел. из 9 227 598 жителей и 2864,0 долл./чел. ГСХ не привлекает рабочую силу, фермеры также оставили свои поля под паром. Количество рабочих в сельском, лесном и рыбном хозяйстве уменьшается по годам, хотя население города продолжает резко увеличиваться[6].

Разделение территории ГСХ затрудняет инвестирование в инженерную и транспортную инфраструктуру к децентрализованному производству.

[2] URL: http://www.pso.hochiminhcity.gov.vn.
[3] Construction Ministry (2018). Land use planning in Ho Chi Minh City until 2020. URL: https://moc.gov.vn.
[4] URL: https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.HA.PC.
[5] URL: https://moc.gov.vn/vn/tin-tuc.
[6] URL: http://www.pso.hochiminhcity.gov.vn.

В Хошимине 22 промышленных зоны, разбросанных по всему городу (Главное статистическое управление, 2021 г.). Токсины из городских и фабричных отходов и выбросов могут влиять на рост растений и животных, качество и урожай сельскохозяйственной продукции, опасны для здоровья человека.

Удобрения и пестициды используются чрезмерно. Из-за стремления ускорить процесс выращивания и урожая, повысить продуктивность фермеры не заботятся вопросами загрязнения почвы и воды, а в сельскохозяйственных продуктах химические остатки высоки, что вредит здоровью потребителей и жителей. Согласно исследованию, индекс качества подземных вод в Хошимине колеблется от плохого до очень плохого, особенно в районах ГСХ, за которыми следуют городские и промышленные зоны, что свидетельствует о том, что ГСХ является важным фактором, вызывающим рецессию [6].

Территории ГСХ Хошимина теряют свою самобытность из-за быстрой урбанизации. Образ садовых домиков с террасами сменился узкими домами коробчатой формы, подходящими только для городских условий, где площадь земли ограничена и плотность застройки высока. Пространство участков ГСХ фрагментировано, не вносит визуального единства и не выполняет функции зонирования (рис. 3, 4).

Рис. 3. Промышленная и жилая зоны перемежаются с сельскохозяйственной зоной в Кучи

Рис. 4. Земля ГСХ разделена для продажи в районе Кучи

1.2. Роли ГСХ в Хошимине

В своей диссертации Xin Wang указывает на восемь услуг «съедобного» ландшафта, в том числе: 1) продуктовые снабженческие; 2) экологические; 3) социальные; 4) рекреационные; 5) медицинские; 6) экономические; 7) культурные; 8) образовательные [7]. Исследования Rattan La показывают четыре основных аспекта домашнего садоводства: 1) продовольственная безопасность; 2) качество окружающей среды; 3) экономические выгоды; 4) экосистемные услуги; наряду с этим перечислены конкретные преимущества домашнего садоводства [8]. В этой статье автор перечисляет преимущества ГСХ (табл.). Соответственно, есть определенные преимущества ГСХ, каждый аспект будет иметь много вкладов, и, наоборот, каждый вклад может принадлежать разным аспектам.

1.3. Зонирование сельскохозяйственного производства в Хошимине

Большая часть угодий ГСХ Хошимина расположена в пригородных районах Кучи, Хокмон, Биньчан, Кангио, немного в Районе 9 и Нябе (рис. 5). В зависимости от природных условий и разных взаимодействий выделяют разные производственные зоны. По степени урбанизации и ее влиянию территории ГСХ можно разделить следующим образом (рис. 6):

- Городские районы — районы с очень высокой плотностью населения и застройки, недоступные для ГСХ, и с очень высокими ценами на недвижимость. Здесь можно эксплуатировать ГСХ в форме садоводства, чтобы использовать свободные угодия, дворы, сады, балконы, крыши, зеленые стены домов и общественных зданий или фермы на крышах и в пустующих зданиях, что также является мерой по озеленению города.
- Районы Биньчань и Хокмон — районы, непосредственно примыкающие к городским районам, с постоянным расширением жилых и промышленных зон, что приводит к разделу и значительному сокращению земельного фонда ГСХ. При этом условии необходимо иметь нормативные акты, определяющие четкие границы территорий ГСХ и растительности, функционально разграничивающие жилые, промышленные и общественные зоны. Здесь можно применять различные виды деятельности ГСХ, от малых до крупных, гибких — в зависимости от специфики каждого участка (например, садоводство, фермерские хозяйства, в том числе крупные).
- Район Канжо — прибрежный район, где большую площадь занимают мангровые леса, которые нуждаются в защите, поэтому для обеспечения безопасности природной экосистемы необходимо ограничить неэкологичную деятельность. Большая часть засоленных почв пригодна для аквакультуры, поэтому эксплуатация и выращивание несколько ограничены. Тем не менее песчаная почва здесь очень подходит для выращивания песчаного манго с высокими показателями качества и урожайности.
- Район Кучи — считается районом с самым большим земельным фондом для ГСХ в городе и менее затронутым урбанизацией, чем районы Биньчань и Хокмон. Здесь есть условия для развития крупных фермерских хозяйств рядом с домашними садами и экотуристическими зонами. Однако в последние годы постепенно формируются спорные проекты недвижимости и промышленных зон, поэтому для защиты земельного фонда ГСХ города необходимы строгие правила.

Преимущества и роли ГСХ в городской жизни

Выгоды	Для города		Для жителей	
	Материальные	Нематериальные	Физические	Духовные
Экономия	Создание рабочих мест и доходов. Меньшая потребность в упаковке, хранении и транспортировке продуктов питания	Диверсификация экономической деятельности. Разные услуги, связанные с сельским хозяйством	Создание рабочих мест и доходов. Обеспечение продовольствием. Уменьшение цен на продукты	Повышение качества уровня жизни
Общество	Продовольственная безопасность. Стабилизация общественного порядка	Связывание социальных отношений (в клубах, микрорайоне и пр.). Сохранение с/х традиций. Общественное равенство	Создание рабочих мест	Место встречи и общения. Укрепление семейных отношений
Продукты	Пополнение запасов местными продуктами на случай чрезвычайных ситуаций	Безопасность. Продукты питания для бедных потребителей. Продовольственное равенство	Безопасные местные свежие продукты. Питательная ценность сохранена	Безопасность продуктов питания способствует духовному спокойствию. Уважение к еде
Здоровье	Медицинские травы. Создание зеленных пространств	Зеленые пространства очищают и оздоравливают окружающую среду	Садоводство как физическая активность	Зеленые растения восстанавливают энергию, улучшают настроение
Развлечения	Экотуризм	Место для культурной деятельности	Физическая активность	Пространство для отдыха. Связь человек с природой
Образование	Практики в школах и других образовательных организациях	Улучшение понимания природы, окружающей среды, продовольственной ценности	Обучение через практический опыт	Расширение знаний о роли еды и производственном процессе. Уважение к еде и природе. Повышение экологического сознания
Экология и среда	Возможность переработки и повторного использования отходов. Создание зеленых пространств, утилитарная функция. Эффективное пользование водными ресурсами и землей	Городское озеленение. Биоразнообразие	Очищение воздуха	Уважение к природе
Культура и эстетика	Ландшафтные пространства. Зеленый образ города. Художественное своеобразие	Изменение архитектуры в соответствии с новыми принципами. Особый, индивидуальный образ города	Природная красота. Эстетический дизайн. Физическая активность	Гордость. Повышение уровня эстетического восприятия

Рис. 5. Расположение городских и пригородных районов в Хошимине

Рис. 6. Классификация территории СГХ по местоположению

В этой статье основное внимание будет уделено району Кучи, в котором сосредоточено самое крупное ГСХ в городе. Это дает основания для продолжения изучения ГСХ остальных районов Хошимина.

1.4. Характеристики района Кучи с точки зрения сельского хозяйства

Кучи (рис. 7) — пригородный район на северо-западе Хошимина, площадью 434,77 км^2, с населением 475 207 чел. Площадь угодий ГСХ района составляет около 48 % от общей площади города. Как и в целом по городу, через пять лет площадь угодий ГСХ также значительно сократилась: с 43 477 га в 2015 г. до 30 852,5 га в 2020 г.[7].

Район Кучи имеет довольно разнообразную систему рек и каналов (рис. 8). Река Сайгон протекает через восток района; здесь также расположены каналы Донг Кучи, Рачтра, Рачсон и Бенмуонг. Основным источником воды является вода в реке и каналах; озеро, пруд сосредоточены на востоке района и в низменных участках на юге и юго-западе, их протяженность почти 300 км в целом по системе. Подземные воды достаточно многочисленны и играют важную роль для производства и быта жителей. Естественные леса находятся в основном в заповедных зонах и исторических местах, их площади ограничены.

Продукция ГСХ Кучи относительно разнообразна. В восточных и северных микрорайонах, примыкающих к реке Сайгон, выращиваются многолетние культуры, производится каучук, продукты питания (рис, кукуруза, картофель, кассава) в микрорайонах Нхуандык, Трунглапха, Тан Пхучунг. В Кучи сохраняются давние традиции фруктового садоводства: манго, рамбутан, дуриан, грейпфрут и мангустин. В настоящее время люди сажают некоторые другие сорта — лонган, лимон, сливу — в таких микрорайонах, как Фумихынг, Аннхонтай, Анфу, Трунган, Хоафу, Биньми, Фухоадонг.

[7] URL: http://www.pso.hochiminhcity.gov.vn.

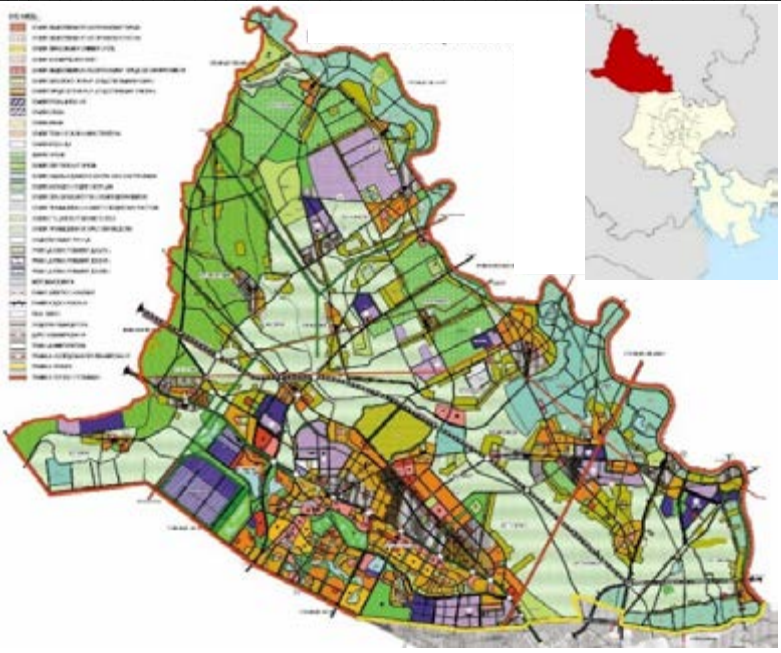


Рис. 7. Карта ориентации пространственного развития района Кучи до 2025 г. (источник: Институт планирования городского строительства Хошимина)

Рис. 8. Система естественных рек и каналов

2. Требования к развитию территории ГСХ в Кучи

Устойчивый тренд является неизбежным во всех областях человеческой деятельности, поскольку устойчивость является основой развития. Концепция устойчивого развития, согласно Организации Объединенных Наций, в отчете Комиссии Брунтланда 1987 г. была описана следующим образом:

«Развитие удовлетворяет потребности настоящего и не ставит способность будущих поколений под угрозу удовлетворять свои собственные потребности». Модель устойчивого развития основана на тесном и гармоничном сочетании экономического роста, решения социальных проблем и защиты окружающей среды. Устойчивое развитие включает четыре основные идеи: экономический рост, обеспечение социальной справедливости, защита окружающей среды и уважение прав человека[8].

2.1. Рост экономической эффективности и производстельности на основе ГСХ

Использование технологий. Современные технологии нужны для повышения производительности ГСХ, эффективности землепользования, сокращения ручного труда и снижения зависимости от условий внешней среды. Но первоначальные инвестиции в инфраструктуру и энергетику требуют больших затрат.

Увеличение выпуска и стоимости товаров на основе. В целом в Хошимине приоритет отдается таким продуктам ГСХ, которые продаются на месте, чтобы ограничить затраты на консервацию при транспортировке, сохранять свежесть питательных веществ и приносить высокую прибыль. Прежде всего это свежие овощи и фрукты. По сравнению с другими районами Хошимина, где площади для риса и других зерновых значительно сократились из-за влияния урбанизации в центральной части города, в Кучи все еще есть условия для выращивания риса и злаков. Хотя экономический потенциал этих продуктов не так велик, как других, эта область удовлетворит часть спроса на зерновые для Хошимина, помимо импорта из западных провинций.

Диверсификация видов бизнеса на основе ГСХ является решением проблемы создания дополнительного дохода. Помимо производства свежих сельскохозяйственных продуктов, их нужно упаковывать, перерабатывать и распределять на месте, создавая непрерывную цепочку от производства до доставки потребителям, обеспечивать сырьем рестораны, строить сети ресторанов по модели «от фермы до стола», организовывать мероприятия по продвижению продукции, такие как ярмарки, выставки, развивать экотуризм, проводить учебные экскурсии, арендовать землю и развивать инфраструктуру, для того чтобы городские домохозяйства могли выращивать культуры для себя. Диверсификация доходов на основе своего потенциала может дать фермерам возможность утвердить свои бренды и прочно занять свое место на рынке [9].

2.2. Улучшение качества жизни людей

По мере повышения качества жизни и роста туристического спроса растет и спрос самих вьетнамцев на внутренний туризм. Согласно статистике[9], 76 % участвовавших в опросе вьетнамцев планируют путешествия внутри страны в 2022 г., более 67 % вьетнамских туристов хотели бы иметь больше краткосрочных отпусков, при этом спрос на поездки для встречи с близкими составляет 71 %. Необходимость доступа к природе всегда стоит перед людьми, живущими в городе. Так что пригородные фермы станут идеальным местом для группового отдыха (семьи или друзей) на выходных. Есть также

[8] URL: https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development/what-is-esd/sd.
[9] URL: https://www.visa.com.vn.

туннели Кучи, исторические места обороны от французов и американцев в коммунах Танфучунг и Фуоквиньан, которые также привлекают туристов. Сочетание этих мест создаст ряд разнообразных туристических достопримечательностей, привлекающих туристов.

Модель общественного сада позволяет городским семьям арендовать участок земли на определенное время. По выходным они могут вместе ухаживать за своим небольшим арендным садом. Такой вид досуга призван объединить участников семьи и решить проблему неуверенности в безопасности пищевых продуктов неизвестного происхождения.

Жизнь в гармонии с природой, на свежем воздухе необходима для человека, но в настоящее время уровень комфорта в пригороде еще ниже, чем в центре города. Таким образом, проблема состоит в том, чтобы улучшить качество жизни людей и тем самым привлечь молодежь к работе на местах и снизить концентрацию людей в центре города.

2.3. Улучшение состояния окружающей среды

Кучи и Канжо считаются самыми благополучными с точки зрения состояния окружающей среды и озеленения районами Хошимина. Помимо заповедной лесной зоны и зоны биосферы, территории ГСХ с растениеводством и водной поверхностью, важную роль играет такой природный элемент, как открытые зеленые пространства. ГСХ могут приносить экологический баланс в город. Список задач: 1) сохранение растительности и увеличение объема зелени в пригороде, чтобы компенсировать уменьшение зеленых площадей во внутренней части города; 2) улучшение качества почвы естественными органическими методами; 3) повышение осведомленности фермеров о качестве продуктов питания, безопасности, здоровье и важности инвестирования в ГСХ.

2.4. Обращение к эстетике местного ландшафта и самобытности местности

Если центр Хошимина характеризуется высокой плотностью многоэтажных застроек, то эта характеристика постепенно снижается с расширением его радиуса. Образы рисовых полей и каучуковых лесов, ферм, овощей, орхидей, декоративных растений, фруктовых садов, зон высокотехнологичного сельского хозяйства и коровьих ферм придадут уникальность естественным ландшафтам Кучи. Рисовые поля могут значительно улучшить эстетическое качество ландшафта, продемонстрировать естественное доминирование природы и обеспечить фон для архитектуры [10]. Однако вдохнуть новую жизнь в этот аграрный район, который находится в самом динамично развивающемся городе страны, все же необходимо, ограничив плотность застройки и масштабность строительных работ, используя при этом язык современной ландшафтной архитектуры.

3. Условия для развития территории ГСХ в Кучи

Устойчивое развитие территорий ГСХ в Кучи требует гармонии экологических, экономических, социальных и культурных факторов для поддержания долгосрочной привязанности жителей и формирования туристической привлекательности.

3.1. Природные условия

Становление и развитие общего сельского хозяйства всегда было связано с дельтами рек, Хошимин не исключение. Расположенный в нижнем течении

речной системы Донгнай — Сайгон, Хошимин имеет густую сеть рек и каналов. Кучи расположен прямо на западном берегу реки Сайгон и имеет канал Донгкучи и его 3—4-уровневую систему каналов, которые способствуют эффективному орошению. Земля здесь довольно плодородная и позволяет выращивать разные культуры. Температура и солнечная радиация высокие, благоприятные для развития ГСХ, но они также являются препятствием для деятельности людей: столь активное солнце быстро приводит к утомлению при работе на открытом воздухе. Поэтому здесь большим спросом пользуется озеленение поверхностей и создание тенистых зон.

3.2. Социокультурные условия

Вьетнам — страна с сельскохозяйственными традициями, образы рисовых полей и огородов знакомы каждому вьетнамцу. В процессе урбанизации больших городов, таких как Хошимин, люди переезжают из сельской местности в город или на землю, которая постепенно приобретает городскую функцию, однако у них все еще сохраняется привязанность к земле. Вьетнамцы привыкли вести хозяйственный образ жизни, особенно это характерно для юга Вьетнама, где дома строят на возвышенностях вдоль рек и каналов для удобной транспортировки, в окружении огородов, где выращивают домашний скот и птиц прямо за домом и где рядом с домом есть даже рисовое поле. Вот почему сегодня некоторые городские семьи используют балконы и крыши для выращивания собственных фруктовых садов и огородов.

3.3. Технические и технологические условия

Внедрение технологий в ГСХ нужно для повышения производительности и улучшения состояния окружающей среды.

Для защиты и улучшения качества почвы с целью обеспечения безопасности пищевых продуктов, окружающей среды и здоровья человека необходимо ограничить использование химических препаратов органическими мелиорациями, такими как компостирование органических отходов для удобрения; чередовать разные сорта культуры для добавления питательных веществ в почву (например, бобовые); совмещать различные виды культур для защиты от вредителей; очищать воду в озерах биологическими методами. Твердые отходы должны быть ограничены и отсортированы для переработки и компостирования.

Такие способы, как гидропоника и аэропоника, могут применяться в вертикальных фермах для увеличения поверхности посадки и повышения урожайности на ограниченных площадях. Аквапоника, сочетающая гидропонику и аквакультуру, создаст замкнутый безопасный биологический цикл. Все эти методы могут применяться гибко, в разных масштабах и в любом месте.

Высокотехнологичная сельскохозяйственная зона Кучи в коммуне Фамванкой площадью 88,17 га является первой унифицированной моделью во Вьетнаме. Здесь развивается вся необходимая инфраструктура: транспорт, электроснабжение, водоснабжение, канализация, очистка сточных вод, офисы, лаборатории, теплицы, склады, учебные места, телекоммуникационная система и т. д., однако стоимость аренды по-прежнему высока[10].

[10] Tổng kết mô hình Khu nông nghiệp công nghệ cao TP.HCM từ 2010—2015 (Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn — tháng 12/2015).

Хотя Кучи расположен на северо-западе, т. е. в самой высокой местности в городе, здесь все еще случаются затопления, отчасти из-за высоких темпов бетонирования поверхности, что связано с процессом урбанизации. Поэтому первоочередное внимание следует уделить регулированию водохранилища для естественного дренажа и хранения дождевой воды, используемой в целях орошения, а также для создания микроклимата в условиях жаркого климата. Одним из вариантов решения проблемы является использование грунта, способного пропускать воду, в сочетании с созданием уклона, ведущего к системе каналов перед входом в реку. В 2021 г. Департамент сельского хозяйства и развития сельских районов Хошимина направил документ в Народный комитет города с отчетом о реализации Плана ирригации в Хошимине 2014—2020 гг., где предложил еще 12 гидроэнергетических проектов на период 2021—2025 гг., включая техническое обслуживание и модернизацию системы каналов восточного Кучи для борьбы с наводнениями на западном берегу реки Сайгон.

3.4. Условия политики

Правительство Хошимина подтвердило, что земли для сельского хозяйства и системы зеленых насаждений, экотуризма и парков развлечений не могут быть преобразованы под другие функции и их размеры и площади должны быть регламентированы[11]. Это свидетельствует о том, что городское правительство уделяло внимание развитию ГСХ в комплексном развитии отраслей экономики, а также с точки зрения доли земельного фонда в планировке. Однако в последнее время наблюдается такое явление, как уменьшение площади угодий ГСХ.

Согласно плану выращивания безопасных овощей в Хошимине до 2020 г., с ориентацией на 2025 г., в районе Кучи площадь выращивания безопасных овощей вырастет до 2602 га. Это, в частности, относится к коммунам Нюандык, Биньми, Чунглаптхуонг, Чунглапха, Фуоктхань, Тайми, Тантхонгхой, Танфучунг, Фыоквиньан, Тантханьдонг[12]. Это показывает, что вопросы безопасности пищевых продуктов и ГСХ решаются постепенно.

В дополнение к существующей общей политике необходимо иметь конкретные положения, регулирующие не только площадь угодий ГСХ и зеленых зон, но и плотность и объем деревьев, типы деревьев, которые необходимо сохранить. Необходимо разработать набор критериев для классификации деревьев в зависимости от того, насколько они нуждаются в сохранении и приумножении, могут ли быть заменены или удалены, имеют ли от хозяйственную ценность, экологическую ценность, а также исходя из их возраста, высоты и диаметра ствола.

3.5. Эстетические условия

Архитектуру и ландшафт нужно рассматривать как единое целое. Гармония между архитектурными произведениями и природой находит отражение в привнесении архитектуры в ландшафтное пространство и наоборот.

---

[11] Decision of the Prime Minister 24 / QD-TTg от 06/01/2010 on adjusting the general construction planning of Ho Chi Minh City until 2025.

[12] Планирование площадей для выращивания безопасных овощей в Хошимине до 2020 г. с ориентацией на 2025 г. (Обнародовано совместно с Постановлением № 1494/QD-UBND от 28 марта 2013 г. городского народного комитета Хошимина).

Температура в Кучи довольно стабильная, от 18 до 37 град., с большим количеством дождей и солнцем круглый год, с большим количеством радиации. Сочетание высокой температуры и влажности заставит людей испытывать духоту на открытом воздухе в течение длительного времени, поэтому необходимы солнцезащитные решения для комфорта. Именно такие постройки, как стоянки для отдыха, подсобные сооружения для производства, здания и т. д., придают изюминку сельскохозяйственному пространству. Использование архитектурного языка в пространстве ландшафта через материалы, цвета, формы, экспериментирование с новыми материалами и технологиями и т. д. порождает современный ландшафтный язык. И наоборот: привнесение природных ландшафтных элементов в архитектуру в виде полузамкнутых и полуоткрытых пространств, двориков, просвета с растительностью и водой — все это также решение для создания микроклимата и прохлады в помещении.

Качество ландшафта частично обеспечивается совместимостью растений. Таким образом, использование местных сортов растений будет способствовать их собственной уникальности, и правильное выращивание повысит ценность ландшафта. Красота и разнообразие ландшафта, наряду с уникальностью, находят отражение в местных исторических традициях, в специфической среде сельскохозяйственного производства и в уважении к местным природным особенностям, таким как рельеф, растительность, водная поверхность. Это важное условие для обеспечения туристической привлекательности [11].

Обсуждение

С точки зрения озеленения города, повышения природных факторов, защиты и сохранения территорий ГСХ для стремления к устойчивому развитию в качестве примера в статье выбран район Кучи, самый видный сельскохозяйственный район, изучение которого дает предпосылки для дальнейшего изучения ГСХ остальных районов Хошимина. Диверсификация доходов, повышение качества жизни на основе ГСХ возможны благодаря интеграции производства и сферы развлечений, образования и торговли. Однако в этом случае следует принимать меры предосторожности, и есть уверенность, что эти диверсифицированные угодья ГСХ не могут быть преобразованы под другие функции. Необходимы дополнительные исследования для оценки воздействия на окружающую среду и энергетических потребностей ГСХ в контексте интегрированного сельского хозяйства и ландшафта. Кроме того, для охраны и развития территорий ГСХ необходимо ориентироваться на расширение пространства и определять границы на конкретных правовых принципах; требуется участие правительства, политиков, экспертов по устойчивому развитию, градостроителей, инвесторов и жителей.

Заключение

Развитие ГСХ в Кучи будет иметь комплексное значение, привнося как экономический и экологический баланс, так и эстетические характеристики. Если ландшафт центра Хошимина характеризуется густонаселенностью, плотными многоэтажными застройками, то характеристикой ландшафта Кучи является просторное и воздушное пространство с доминирующими природными образами, такими как поля, растениеводческие фермы, каучуковые леса и тенистые деревья на стороны дороги, с современным архитектурным

ландшафтным языком. Уникальный внешний вид района способствует привлечению туристов и созданию дополнительных рабочих мест для жителей. Необходимо увеличить доходы фермеров, чтобы они не покидали поля, не оставляли их под паром и не преобразовали под другие функции. Если земли ГСХ будут урбанизированы, проблемы сохранения зеленого пояса города станут еще более серьезными. ГСХ должно стать неотъемлемой частью устойчивого развития Хошимина. Устойчивое развитие требует гармонии между функцией и эстетикой, между экологическими, экономическими, общественными и культурными факторами для долгосрочной привязанности жителей и привлекательности туристов. В то же время это также потенциальная подготовка к неожиданным событиям, таким как продолжающаяся пандемия COVID-19.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hùng T. M. Đô thị hóa và tăng trưởng kinh tế tại vùng kinh tế trọng điểm phía Nam* // Proceedings. 2021. Vol. 16. No. 1.

2. Urban agriculture as a sustainability transition strategy for shrinking cities? Land use change trajectory as an obstacle in Kyoto city, Japan / Oda Kimisato et al. // Sustainability. 2018. Vol. 10. No. 4. P. 1048.

3. *Красильникова Э. Э.* Ландшафтный урбанизм. Теория — практика : моногр. Волгоград, 2015. С. 17.

4. *Phung The Anh*. Agriculture in Ho Chi Minh City through 30 years of renovation (1986—2015): achievements, limitations and some development solutions // Hue University Journal of Science: Social Sciences and Humanities. 2021. Vol. 130.6E.

5. *Trường Hoàng*. TP HCM xây dựng nông nghiệp đô thị, báo Người lao động, 2019. URL: https://nld.com.vn/thoi-su/tp-hcm-xay-dung-nong-nghiep-do-thi-20191128211142549.htm.

6. *Nguyen Binh Thanh, Tham Minh Thi Nguyen, Quang-Vu Bach*. Assessment of groundwater quality based on principal component analysis and pollution source-based examination: a case study in Ho Chi Minh City, Vietnam // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192.6. Pp. 1—13.

7. *Wang X*. Edible landscapes within the urban area of Beijing, China. 2016. P. 34.

8. *Lal R*. Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic // Food security. 2020. Vol. 1-6. P. 874.

9. *Górna A., Krzysztof G*. Singapore vs. the “Singapore of Africa” — Different Approaches to Managing Urban Agriculture // Land. 2021. Vol. 10.9. P. 987.

10. *Ерзин И. В., Гришина Н. Ю*. Значимость сельскохозяйственных ландшафтов для сохранения экологического равновесия в системах поселений // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов : сб. ст. М., 2018.

11. *Дубиничева Л. В., Советов П. М*. Агротуризм в развитии сельских территорий // Проблемы развития территории. 2009. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/agroturizm-v-razvitii-selskih-territoriy.

© То Нгок Май Нга, 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

То Нгок Май Нга. Проблемы развития территорий городского сельского хозяйства в Хошимине как архитектурных ландшафтов (на примере района Кучи) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 371—384.

Об авторе:

То Нгок Май Нга — факультет архитектуры, Ван Ланг Университет, Хошимин, Вьетнам; nga.tnm@vlu.edu.vn; tongocmainga@yahoo.com

To Ngoc Mai Nga

Van Lang University

PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF URBAN AGRICULTURAL AREAS IN HO CHI MINH CITY, VIETNAM, LIKE THE ARCHITECTURAL LANDSCAPE (FOR EXAMPLE, CU CHI DISTRICT)

Urban agriculture (UA) functions not only as a production to provide local food, but it serves other benefits in different fields, as well as green spaces, to provide a balance of ecological environment for the city. However, the UA in Ho Chi Minh City (HCMC), including the Cu Chi area, still has problems and limitations. The article summarizes the advantages and problems of the UA in HCMC and proposes conditions for the development of the architectural landscape from the aspects of ecology, economy, society, and aesthetics in the UA territories of the Cu Chi District.

K e y w o r d s: urban agriculture, architectural landscape, sustainability, balance, safety, nature, city greening.

For citation:

To Ngoc Mai Nga [Problems of the development of urban agricultural areas in Ho Chi Minh City, Vietnam, like the architectural landscape (for example, Cu Chi District)]. *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], 2022, iss. 3, pp. 371—384.

About author:

To Ngoc Mai Nga — Faculty of Architecture, Van Lang University, Ho Chi Minh City, Vietnam; nga.tnm@vlu.edu.vn; tongocmainga@yahoo.com

УДК 711.4

И. Г. Федченко

Сибирский федеральный университет

Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ) — филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ РИСКИ РАЗВИТИЯ МАССОВОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ

Исследование выполнено в рамках плана фундаментальных исследований Минстроя России и РААСН, тема 1.1.62 «Фундаментальные основы архитектурной регламентации преобразования среды жизнедеятельности»

В статье рассмотрены особенности развития жилой среды на прибрежных территориях крупных приречных городов России на примере Красноярска. Дана оценка градостроительной структуры приречных территорий в отношении развития жилищного строительства. Определены градостроительные, социокультурные, экологические, инфраструктурные риски развития массового жилищного строительства на прибрежных территориях крупных городов. Сформулирована потребность в разработке научно обоснованных направлений градостроительного регулирования прибрежных территорий.

Ключевые слова: прибрежные промышленные территории, жилые планировочные единицы, жилая среда, развитие урбанизированных территорий, реновация, конверсия промышленных предприятий.

Общемировыми тенденциями пространственного развития в начале XXI века являются концентрация населения и экономики в крупнейших формах расселения, среди которых ведущие позиции занимают крупные города. В связи с усложнением динамических процессов развития общества современный российский город непрерывно трансформируется, происходит переосмысление планировочной структуры, поиск градостроительных ресурсов. Особенности планировочной структуры современных российских городов во многом определяются характером прибрежных территорий и родством социально-экономических и природных условий.

Изучение современного опыта развития планировочной структуры крупных городов, в частности развития приречных территорий и формирования жилищного строительства, соотносится со стратегическими задачами Указа Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». В 2021 г. распоряжением Правительства Российской Федерации была утверждена «Стратегия развития жилищной сферы Российской Федерации на период до 2025 года», которая включает перечень ключевых ориентиров пространственного развития городов, среди которых тезис о необходимости отказа от освоения свободных территорий за пределами городов и формирование курса на вовлечение под новое жилищное строительство пустующих, неэффективно используемых земель в городах, прежде всего земель, находящихся в федеральной собственности[1]. При этом в крупных городах

[1] Стратегия развития жилищной сферы Российской Федерации на период до 2025 года. URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/15909.

России продолжается почти не контролируемый рост новой застройки на отчуждаемой в прошлом промышленной территории под новое жилищное строительство, который сопровождается одновременными проблемами дисгармонии и агрессивности среды, неэффективностью развития, высокой транспортной нагрузкой, деградацией территорий и прочими «градостроительными ошибками», которые впоследствии будет сложно, а в некоторых случаях и невозможно исправить будущему поколению.

Целью настоящего исследования является фиксация основных градостроительных рисков развития массового жилищного строительства на прибрежных территориях городов.

Как показывают исследования, планировочная структура многих крупных российских городов сформирована крупными промышленными предприятиями, большинство из которых расположено на приречных территориях городов, что было обусловлено наличием реки как основного инфраструктурного ресурса. Прибрежная территория застраивалась производственными и складскими зданиями, складами, которые занимают огромные территории в черте города. На основе сравнительного анализа трансформации пространственной структуры 15 крупных российских городов в постсоветский период Г. А. Птичникова определяет два состояния пространственно-планировочной структуры городов: последние десятилетия XX века и начало XXI века. Исследование показало, что на первом этапе, в 1980-е гг., начался постепенный процесс уплотнения городской ткани и усиления каркаса, сопровождавшийся активным строительством общественной и жилой застройки, который был прерван в период перехода страны к рыночной экономике. Следующий период (2000—2010) характеризуется как период пространственного разрастания городов за счет включения пригородных территорий в границы города, в результате чего образовывались большие пространственные «пустоты». Доказано, что стадия территориального роста в крупных городах России подходит к концу, морфология городов приобретает большую гетерогенность; городская ткань уплотняется с разной степенью интенсивности, осваивая в прошлом промышленные территории, создавая урбанизированный каркас, развиваясь вдоль крупных рек [1]. М. В. Шубенков определяет включенность градостроительных систем в современные глобальные экономические, культурные, социальные и ресурсные процессы, что неизбежно сказывается на характере их организации, деиндустриализации крупных градостроительных систем [2]. И. В. Кукина отмечает, что конверсия в конце XX — начале XXI века стала причиной радикального изменения облика крупных городов. Огромные промышленные территории, сформированные флагманами экономики, вследствие радикальной замены устаревших технологий в короткий срок оказались невостребованными, часто руинированными. В течение столетия в городах складывались чересполосица промышленных территорий, в том числе на берегах акваторий, потерялись прибрежные территории как особое достояние города [3]. Сегодня эти территории рассматриваются как самостоятельные, нерационально используемые зоны, включающие объекты промышленного, коммунально-складского, транспортного и другого назначения, при этом они являются инвестиционно привлекательными для развития массового жилищного строительства, общественно-деловой функции, формирования новых рекреационных зон [4].

В последнее время в теории градостроительства в ряде научных исследований повсеместно поднимается вопрос о комплексной реконструкции и развитии прибрежных территорий крупных городов России. Прибрежные территории понимаются как градоэкологический и рекреационный ресурс развития городов. Определен круг основных градоэкологических проблем прибрежных городов: несбалансированная территориально-планировочная структура приречных территорий; отсутствие четкого рекреационного зонирования и сформированных выходов к водным объектам; неразвитый ландшафтно-экологический каркас в целом. Положение рек усугубляется загрязнением крупными промышленными узлами городов, что затрудняет использование прилегающих территорий для целей рекреации и нарушает их экологический баланс[2] [4]. Особое значение акцентируется на выявление градостроительного потенциала приречных пространств под развитие жилых территорий.

Сегодня река в крупном российском городе становится аттрактором градостроительного развития жилых территорий за счет конверсии бывших промышленных зон. В последнее десятилетие в Красноярске появился ряд проектных предложений по реконструкции в прошлом промышленных зон на приречных территориях. В основном проектные предложения отражают характер развития территории с целью массового жилищного строительства, формирования общественно-деловых центров города, в меньшей мере — создания крупных рекреационных зон. Градостроительный анализ развития прибрежных территорий Красноярска показал повышенный инвестиционный спрос, ограниченный территориальный ресурс и высокую социокультурную ценность приречных пространств; позволил обозначить риски развития территорий на перспективу:

Риск «исчерпаемости» планировочного ресурса развития приречных территорий

На карте градостроительной оценки развития жилищного строительства на прибрежных территориях Красноярска отображены застроенные и подлежащие комплексному жилищному развитию территории. Карта отражает ограниченный территориальный ресурс формирования прибрежных территорий в градостроительной летописи крупного города. Фронт застройки правобережной части реки Енисей фактически сформирован в проектных предложениях в обозримом будущем. Важно дать своевременную оценку рисков исчерпаемости планировочного ресурса развития и определить рациональность принимаемых решений (рис. 1). Должна быть выработана единая стратегия формирования градостроительного фронта реки; выверен баланс функционально-планировочных приоритетов развития; на территориальном уровне должны быть определены опорные ядра роста.

[2] *Фролов С. С.* Градостроительная реконструкция прибрежных промышленных территорий крупнейших городов (на примере Волгограда) : автореф. дис. … канд. архитектуры. СПб., 2005. 22 с.

Литвинов Д. В. Градоэкологические принципы развития прибрежных зон: на примере крупных городов Поволжья : автореф. дис. ... канд. архитектуры. СПб., 2005. 20 с.

Маташова М. А. Эколого-градостроительная оптимизация приречных территорий крупного города: на примере г. Хабаровска : автореф. дис. ... канд. архитектуры. СПб., 2011. 22 с.

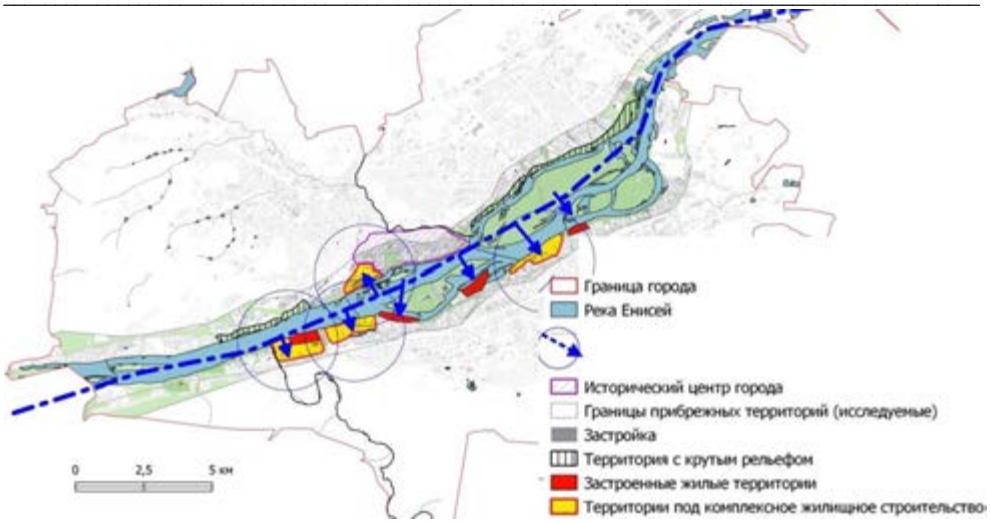


Рис. 1. Карта градостроительной оценки развития массового жилищного строительства на прибрежных территориях Красноярска (схема И. Г. Федченко)

Риск потери социокультурной значимости облика города

Архитектура является наиболее зримым и социально ответственным видом искусств. Городская среда предопределяет выражение культуры, отражает ценности общества, формирует качество жизни, тем самым оказывает прямое влияние на человека. Значимую роль архитектурно-планировочного воплощения городов формирует политика развития жилых территорий [5]. Оценка формирования градостроительного силуэта вследствие массового жилищного строительства в Красноярске демонстрирует хаотичную архитектурно-планировочную организацию среды. Жилые массивы высокоплотной типовой застройки формируют доминирующие панорамы Енисея. Анализ практики нового высотного строительства показывает, что случайное или необоснованное размещение новых высотных доминант может отрицательно повлиять на сложившийся архитектурный облик городов, а также привести к потере роли исторических и природных доминант в формировании городских силуэтов, панорам и скайлайна [6]. Должны быть выявлены характерные архитектурно-композиционные и градостроительные особенности, определяющие региональную специфику архитектурного формирования скайлайна, что позволило бы осмыслить композиционную культуру создания образа современного города с учетом сохранения его идентичности (рис. 2).

Риск потери инфраструктурной связности города

Река в городе — инфраструктурный градостроительный объект. Постепенно в крупных промышленных городах, одним из которых является исследуемый Красноярск, образовались определенные свойства территорий, приведшие к лоскутно-контрастному образу города, затрудняющему непрерывность транспортно-пешеходного движения вдоль городской артерии — реки Енисей [7]. Нарушаются поперечные и продольные транспортно-пешеходные связи приречных территорий. Вновь формируемые жилые территории отделены от водной глади транспортными магистралями, городская набережная не формирует единую городскую линейную связь. Архитектурно-

планировочная организация прибрежных территорий в районах массовой жилой застройки должна отражать принцип беспрепятственного доступа к реке, непрерывность пешеходного и безмоторного движения вдоль прибрежной полосы. Важно определить предельно допустимую общественную буферную зону от воды до фронта застройки, в виде беспрепятственного продольно-поперечного рекреационного пути — гарантированного блага каждого жителя города [8].

Рис. 2. Панорамы застройки правого берега Енисея в Красноярске (фото И. Г. Федченко)

Экологические риски массового жилищного строительства на приречных территориях

Массовое жилищное строительство на приречных территориях влечет повышение антропогенной нагрузки на природный комплекс из-за высокой плотности населения вновь возводимых микрорайонов. Например, градостроительная оценка застройки микрорайона «Белые Росы» в Красноярске выявила экстремально плотностные показатели застройки и использования территории. Микрорайон сформирован типовыми домами-пластинами в 17—25 этажей, квартирография домов представлена преимущественно одно- и двухкомнатными квартирами. По расчетным показателям на площади 16 га проживает 15 тыс. чел., плотность населения 900 чел./га [9]. Это критические показатели жилой застройки, расположенной в экологочувствительной зоне города. Территория микрорайона сформирована полностью на намывных грунтах и вплотную занимает часть протоки Енисея. Застройку отделяет проезд и узкая линия береговой набережной. Строительство школы за неимени-

ем территории планируется разместить на территории острова через протоку Абаканская реки Енисей. Дворовые территории полностью не удовлетворяют потребностям жителей из-за огромного количества припаркованных машин. Жители микрорайона приспособляют территорию под собственные хозяйственные нужды, считают «своей» в полной мере городскую набережную, часть острова Отдыха, протоку реки (рис. 3). Пример развития микрорайона «Белые росы» характерен и для других крупных жилых массивов, находящих свое развитие на прибрежных территориях крупных городов России. Риск нерационального территориального планирования размещения жилых зон, закладываемых в документах генерального плана и ПЗЗ города, влечет формирование агрессивной жилой среды. С целью стратегического эколого ориентированного, устойчивого градостроительного развития крупных городов необходимо выделять в отдельную территориальную зону территории под жилищное строительство на приречных территориях.

Рис. 3. Градостроительная оценка застройки микрорайона «Белые Росы» в Красноярске (фото И. Г. Федченко)

Красноярск имеет богатую гидрографическую сеть, представленную Енисеем и его притоками. Освоение пойменных территорий города идет неравномерно из-за их условной пригодности для строительства [10]. Экологическое равновесие в градостроительстве определятся как состояние природно-антропогенной среды, при котором обеспечивается ее длительная устойчивость. В процессе развития массовой жилой застройки на приречных территориях возникают не только спорные вопросы технического характера — неизбежными становятся проблемы правового регулирования формирующейся среды. В работах Ю. П. Арсентьевой исследованы правовые особенности градостроительного формирования жилой среды в приречных зонах поселений. Автор, исследуя международный опыт внедрения прибрежного права[3], определяет проблемы использования земли прибрежных территорий,

[3] Прибрежное право — это система правовых норм, распространяющаяся на собственников недвижимости, располагающейся в непосредственной близости от водного объекта, регла-

отмечая высокую степень антропогенного воздействия на природную среду, что требует обеспечения защиты публичных и частных интересов всех субъектов градостроительной деятельности, осуществляемой в пределах береговых зон [11]. Исследуемый метод градостроительного зонирования прибрежных территорий призван выполнять следующие задачи: контроль и предотвращение загрязнения поверхностных и подземных вод, сохранение генофонда естественных экосистем и биоразнообразия на прибрежных территориях, охрана водно-болотных угодий, охрана водных биологических ресурсов и территорий нереста рыбных ресурсов, защита застроенных территорий от наводнения, контроль строительства зданий и сооружений в прибрежной зоне, обеспечение общественного доступа к береговой линии, охрана и регулирование коммерческого рыболовства и рыболовных угодий [12]. Как показывают исследования, городские приречные территории в случае оптимального преобразования имеют достаточный потенциал для того, чтобы стать связующим элементом между урбанизированной средой и природным элементом — рекой.

Риск нерационального определения функционально-планировочного сценария развития территорий

Анализ экспериментальных проектных решений развития микрорайонов Красноярска демонстрирует разнообразные приемы и возникновение новых форм жилых планировочных единиц в начале XXI века, при этом сохраняется высокий риск их «нереализуемости», что подтверждает опыт фактического строительства жилой застройки. Например, в эскизном предложении застройки микрорайона «Тихие зори» были заложены прогрессивные идеи развития жилой среды (эколого ориентированная набережная и береговая линия, современные и разнообразные архетипы застройки, многофункциональный сценарий развития, совмещение деловой и жилой функции), но ход реализации воплощения не представляется сопоставимым с проектным предложением (рис. 4).

Закономерности развития урбанизированных территорий крупных городов диктуют новые проектные принципы организации жилой среды. Важным становится определение морфотипов жилых планировочных единиц, в зависимости от комплексной оценки градостроительного контекста и стратегии развития. В рамках реновации промышленных прибрежных зон крупного города появляются многофункциональные жилые «ядра роста» [13]. Так, например, проект планировки нового функционально смешанного жилого района «Новый порт» на 7000 жителей в Красноярске демонстрирует подход сближения функций жилья с доминирующими городскими функциями, ранее не свойственными жилой среде, такими как крупные деловые, торговые, спортивные центры, терминал речного транспорта и др. Застройка предполагается на территории конверсии промплощадок Красноярска: Нефтебаза, Речной порт, Реалбаза. Комплексное преобразование этих территорий в современные жилые районы предполагает создание активной общественно-деловой зоны, что является экономической основой функционирования района по принципу «Живу и работаю в радиусе 1 км» (рис. 5).

ментирующая использование акватории водного объекта и его прибрежной полосы данными собственниками.

Рис. 4. Сопоставление проектного решения и хода строительства застройки микрорайона «Тихие Зори» в Красноярске («Тектоника», «АДМ», застройщик ГСК «Красстрой»)

Рис. 5. Проект конверсии промышленных предприятий в жилой район «Новый порт» в Красноярске (КПМ «А2»)

Развитие ландшафтно-экологического мировоззрения и возникновение эколого ориентированных технологий проектирования рекреационных пространств жилых территорий (организация среды, содружественной природной среде, сохранение естественных экосистем, организация устойчивых зеленых систем) должны отражаться в решении генеральных планов микрорайонов в совершенном виде. Так, например, в микрорайоне на территории бывшей судоверфи заложена идея водно-рекреационного планировочного каркаса за счет выделения внутреннего водного русла. Большинство решений посвящено организации благоустройства территорий для человека, внимание устойчивым природно-антропогенным связям уделено в меньшей мере (рис. 6).

Рис. 6. Проект развития территории бывшей Судоверфи в Красноярске («АРБАН», фрагмент генерального плана разработан в рамках выпускной квалификационной работы «Ландшафтная организация микрорайона на территории бывшей судоверфи в Красноярске», выполненной на кафедре градостроительства ИАиД СФУ (автор Д. Г. Микаелян, рук. Н. А. Попкова, И. А. Ряпосов))

В проектных решениях происходит комбинирование дискретных и периметральных форм по принципу «микрорайон — квартал»: в проектах микрорайонов последнего десятилетия становится популярным мелкоячеистый рисунок плана за счет внедрения кварталов в структуру жилой планировочной единицы. В микрорайоне «Южный берег» создана плотная среднеэтажная квартальная застройка с насыщенным коммерчески активным фронтом нижнего яруса жилой застройки. Качественно среду микрорайона формирует социально ориентированное управление жилой территорией (в микрорайоне созданы соседские центры, коммьюнити-клубы), проходят мероприятия, направление на сплочение и социальный контроль над территорией (рис. 7).

Все вышеперечисленные проектные решения организации жилой среды сформированы на правом берегу Енисея. Левобережную часть города в обозримом будущем ожидает масштабное развитие высвобожденной территории бывшего комбайнового завода. Разработано несколько чередующихся проектных мастер-планов развития территории жилого района «Новоостровский». Последний генеральный план развития территории, с включением крупнейшего делового центра Сибири «Красноярск-Сити» был представлен губернатором Красноярского края Президенту РФ как перспективный инвестиционный центр с размещением представительств крупных компаний. Помимо размещения башен делового центра, планировочные решения формируются типовыми блок-секциями жилых домов, отрезанными от городской набережной магистралью. Формируется риск нерационального определения функционально-планировочного сценария развития территорий в центральной части города, что требует профессиональной экспертной оценки (рис. 8).

Рис. 7. Микрорайон «Южный берег» в Красноярске («СМ.СИТИ»)

Рис. 8. Проектное предложение застройки жилого района «Новоостровский» с размещением делового центра «Красноярск-Сити» в Красноярске (URL: https://ngs24.ru/text/politics/2021/12/25/70340519)

Современное отечественное градостроительство находится в состоянии большого сдвига традиционных подходов к формированию и развитию населенных мест в сторону поиска новых направлений деятельности. Деиндустриализация крупных промышленных зон на приречных территориях и высокий рост жилищного строительства определяют необходимость поисков путей комплексного развития с учетом осмысления градостроительных рисков. На уровне документации генерального плана города должна быть разработана единая градостроительная стратегия формирования фронта реки и приречных территорий, включающая мероприятия по оценке планировочных ресур-

сов и инфраструктурных связей и определению баланса функционально-планировочных приоритетов развития — опорных ядер роста; произведен ландшафтно-визуальный анализ и социокультурная оценка панорам и формирующихся силуэтов города. На уровне документов по градостроительному зонированию следует определить территориальные зоны, регулирующие массовое жилищное строительство на приречных территориях, учитывающие экологические риски. Формирование жилой среды на приречных территориях определяет градостроительные особенности, что должно быть отражено в проектах планировок жилых территорий будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Птичникова Г. А.* Трансформации пространственной структуры крупнейших городов России в постсоветский период // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2020. № 1. С. 42—56. DOI: 10.21869/2311-1518-2020-29-1-42-56.

2. *Шубенков М. В.* Формирование градостроительных систем в постиндустриальный период // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году : сб. науч. тр. Рос. акад. архитектуры и строит. наук. М., 2018. С. 587—593.

3. *Кукина И. В.* К вопросу о проблемах реконструкции городов в начале XXI века // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. № 31(50). С. 100—103.

4. *Антюфеев А. В., Числова И. Ю.* Функционально-планировочные аспекты реновации депрессивных промышленных территорий в приречных зонах городов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. № 2(79). С. 194—202.

5. *Федченко И. Г.* О роли архитектурного воплощения комплексного развития территорий // Архитектура и строительство России. 2021. № 1(237). С. 40—45.

6. *Джасим С. Л. Д., Красильникова Э. Э.* Влияние высотных доминант на структуру городского ландшафта // Инновации и инвестиции. 2019. № 3. С. 209—212.

7. Развитие планировочной структуры Красноярска / И. Кукина, И. Федченко, А. Липовка, Е. Логунова, К. Камалова, Н. Унагаева // Проект Байкал. 2022. № 1(71). С. 79—91. DOI: https://doi.org/10.51461/projectbaikal.71.1945.

8. *Мельникова И. Б.* Архитектурно-планировочная организация прибрежных территорий в районах массовой жилой застройки // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 4. С. 146—152. DOI: 10.24411/1816-1863-2019-14146.

9. *Липовка А. Ю., Федченко И. Г.* Морфологическая периодизация массовой жилой застройки Красноярска // Урбанистика. 2021. № 3. С. 56—72.

10. *Унагаева Н. А.* Пойменные территории Красноярска: современное состояние и перспективы градостроительного развития // Современная архитектура мира. 2021. № 1(16). С. 251—270. DOI: 10.25995/NIITIAG.2021.16.1.014.

11. *Арсентьева Ю. П.* Правовые особенности градостроительного формирования жилой среды в прибрежных зонах поселений // Изв. Казан. гос. архитектур.-строит. ун-та. 2014. № 4(30). С. 99—108.

12. *Kent G. P., Dudiak A. T.* Wisconsin Water Law: A Guide to Water Rights and Regulations. University of Wisconsin-Stevens Point, 2001. 213 p.

13. *Федченко И. Г.* Современные закономерности формообразования жилых планировочных единиц // Academia. 2019. № 4. С. 75—82. DOI: 10.22337/2077-9038-2019-4-75-82.

© Федченко И. Г., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Федченко И. Г. Градостроительные риски развития массового жилищного строительства на прибрежных территориях городов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 385—396.

Об авторе:

Федченко Ирина Геннадьевна — канд. архитектуры, доц., зав. каф. градостроительства, Сибирский федеральный университет; старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ) — филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России». Российская Федерация, 119331, г. Москва, пр-т Вернадского, 29; ifedchenk@inbox.ru

Irina G. Fedchenko

Siberian Federal University

The Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

URBAN PLANNING FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE RESIDENTIAL ENVIRONMENT IN THE COASTAL TERRITORIES OF CITIES

The study was carried out within the framework of the plan of fundamental research of the Ministry of Construction of Russia and RAASN, topic 1.1.62 “Fundamentals of architectural regulation of the transformation of the living environment”

The article discusses the features of the development of the residential environment in the coastal areas of large riverine cities in Russia on the example of Krasnoyarsk. An assessment of the urban structure of riverine territories in relation to the development of housing construction is given. Urban planning, socio-cultural, environmental, infrastructural risks of the development of mass housing construction in the coastal areas of large cities are identified. The need for the development of scientifically substantiated directions of urban planning regulation of coastal territories is formulated.

K e y w o r d s: coastal industrial areas, residential planning units, living environment, development of urban areas, renovation, conversion of industrial enterprises.

For citation:

Fedchenko I. G. [Urban planning features of the development of the residential environment in the coastal territories 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], 2022, iss. 3, pp. 385—396.

About author:

Irina G. Fedchenko — Candidate of Architecture, Siberian Federal University; Senior Researcher, The Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. 29, Vernadsky Ave., Moscow, 119331, Russian Federation; ifedchenk@inbox.ru

УДК 711.416-122

А. В. Чуйков, И. Н. Вакулина

Волгоградский государственный технический университет

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЛИНЕЙНЫХ СТРУКТУРАХ ГОРОДОВ НА ПРИМЕРЕ ВОЛГОГРАДА

В статье рассмотрены особенности развития береговой линии линейных структур в градообразующем аспекте. Проведен анализ формирования планировочных структур городов значительной протяженности и выявлены основные факторы, определяющие их развитие. На примере Волгограда рассмотрены преимущества и недостатки использования линейных структур в планировке города и его прибрежных территорий. Произведено классифицирование территории города по ряду признаков, определены факторы, препятствующие развитию прибрежных пространств и их эффективному освоению. Обозначены результаты исследования с предложениями мероприятий, нацеленных на решение данной проблемы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: градостроительное проектирование, развитие городов, прибрежные территории, линейная структура города, территориально-планировочные решения.

Введение

Прибрежные пространства Волгограда, исходя из географических и климатических особенностей волжской береговой и пойменной акватории, в условиях резко континентального и засушливого климата являются естественной и актуальной для комфортного развития территорией. Однако начиная с XX века в результате активной индустриализации, повлекшей за собой расположение вдоль берега реки цепочки промышленных зон, «горожане до сих пор не имеют возможности взаимодействовать с главным градообразующим элементом — рекой. Постиндустриальный период, характеризующийся развитием инновационной сферы, внедрением современных технологий для „чистого“ производства, приоритетом вопроса экологической безопасности, в основном не изменил карту города. Промышленные гиганты по-прежнему расположены на наиболее инвестиционно эффективных прибрежных территориях, нанося непоправимый ущерб городской экологии и отнимая у горожан социально-активные пространства. Таким образом, создание единого прибрежного пространства, ориентированного на потребности людей, является одним из приоритетных направлений создания устойчивой ландшафтной инфраструктуры» [1].

Таким образом, изучение закономерностей в развитии прибрежных территории Волгограда представляется актуальным современным направлением научной деятельности.

Цель исследования — определение потенциала и динамики интегрирования прибрежных территорий в городскую ткань и формирование вектора проектной деятельности, она предполагает решение ряда задач:

- изучение научных подходов к проектированию линейных структур в градостроительстве;
- выявление предпосылок для формирования и развития линейного поселения;
- анализ исторических этапов формирования береговой линии Волгограда;

- выявление положительных и отрицательных факторов, влияющих на динамику развития прибрежных территорий Волгограда;
- классификация городских территорий по ряду признаков (географических, климатических, экономических, социальных и т. д.);
- определение направлений проектной деятельности на обозначенных территориях в связи с их потенциалом и потребностями населения.

Для выполнения данной работы использовалось несколько методов научного познания: аналитический, историко-географический, картографический, классифицирование по определенным признакам.

Ожидаемым результатом исследования является организация проектной деятельности на основе разработанного перспективного плана развития и обустройства береговых пространств города.

Основная часть

«Линейный город на протяжении всего XX века рассматривался как наиболее перспективный тип застройки как отечественными архитекторами и градостроителями, так и зарубежными архитекторами» [2], что подтверждается широким обзором проектного опыта, отраженного в работах архитекторов-градостроителей с мировым именем: Ле Корбюзье, Коллинз, Гильберсаймер, Артуро Сореа и др. [3—5]. В советском градостроительстве разработка концепции линейного города была представлена в творчестве ряда архитекторов: В. А. Лаврова, И. И. Леонидова, М. Я. Гинзбурга, А. Л. Пастернака, Н. А. Милютина, а также В. Н. Семенова, который непосредственно являлся разработчиком двухполосной структуры Сталинграда, крупнейшего города ленточного типа [6, 7]. Следует отметить, что в современном мире в связи с активной урбанизацией поиск концепции развития и интегрирования прибрежных территорий в городскую ткань является наиболее приоритетным направлением молодых исследователей-градостроителей [8—10].

Практика отечественного градостроительства позволяет выявить имеющиеся природно-территориальные основания, предполагающие развитие линейной структуры городской ткани (Волгоград, Архангельск, Тайшет, Шелехов и др.). «Элементы линейного каркаса проявляются в развитии планировочных направлений г. Санкт-Петербурга, Новосибирска и др. С развитием городов в пределах линейных планов образуются территориально-планировочные ареалы с относительно сбалансированной внутренней структурой трудовых и культурно-бытовых связей. Особенно актуально это для линейных структур протяженностью во многие десятки километров (г. Волгоград)» [11, с. 35—36].

В качестве положительных факторов развития линейного города можно выделить несколько наиболее значимых: возможность экологического контроля и зонирования территории; близость застройки к природному окружению; возможность эффективного и быстрого развития путем простого наращивания функций.

Однако протяженность линейной структуры указывает на доминирующий фактор — территориальную доступность, из чего вытекает потребность в грамотной транспортной схеме, дающей сокращение временных затрат на передвижение. При ее разработке обязательно ведется учет логистики с определением мест притяжения (объекты промышленной, социальной и деловой

сферы, зоны отдыха). Как правило, в такой системе формируются характерные зоны развития — транспортные ядра (ТПУ), большинству из которых отведена роль мест притяжения торговли, транспорта, зон отдыха и развлечения, т. е., по сути, общественных центров. Плотная цепочка подобных ядер создает линейную агломерацию с хорошо развитой доступностью — «длинную улицу» с большим количеством магазинов, кафе, галерей, садиков, кино и т. д. Кроме того, в линейных структурах при усложнении ядра возможно и некоторое развитие поперечных связей, что можно наблюдать на примере Волгограда (северное направление по проспекту Жукова; направление в сторону левого берега по мосту; перспектива направления в сторону Максима Горького и Дона).

Тем не менее анализ многолетнего опыта развития подобных городов показал, что расстояния в конечном итоге получаются больше, чем в населенных пунктах иного типа, а выбор путей и направлений движения крайне ограничен [12]. В связи с этим возникает необходимость в выявлении факторов, тормозящих социально-экономическое развитие города:

- увеличение нагрузки на автомобильные и железные дороги, а также другие транспортные пути ведет к нестабильности в функционировании городской системы [13];
- отсутствие скоростных режимов и магистралей приводит к ослаблению межрайоных связей, что, в свою очередь, ухудшает качество жизни горожан, жителей окраин: центральная часть для них становится труднодоступной;
- отсутствие единого четко выраженного центра города, наличие которого психологически важно для жителей.

Для достижения цели данной работы необходимо также обозначить ряд факторов, влияющих на характер и вид береговой зоны:

- географическое положение и климатическая зона;
- сезонные перепады уровня воды (паводки, приливы, наличие гидротехнических сооружений);
- экологический и социальный аспект (историческая память территории — подходы, выработанные к ее освоению);
- интенсивность использования береговой зоны и прилегающих к ней территорий (круглогодичный, сезонный, перманентный).

Места возникновения новых многофункциональных структур для формата больших территорий (от 100 га), как правило, возникают вдоль линейных структур в случае, когда линейные факторы диктуют эффективность развития в большей степени и в первую очередь вдоль транспортного и природного каркаса. Широтное развитие не всегда эффективно: в силу природных факторов (удаленность от русла Волги) возникают сложности с освоением новых селитебных и промышленных территорий и формированием новой инженерной и транспортной инфраструктуры.

Исторически сложилось, что в силу специфики природно-климатических условий Волгоград развивался вдоль водной артерии, последовательно поглощая удаленные районы, прежде самостоятельные градообразующие административные образования (Ельшанка, Бекетовка, Сарепта, Красноармейск) [14]. Развитие линейного структурного каркаса Сталинграда — Волгограда вдоль русла Волги привело к ярко выраженной концентрации

функций в ядрах системы с почти полным их отсутствием в периферийных узлах районов города (рис., *а*, *б*).

Сложный рельеф местности с многочисленными овражными территориями, курганами, пологими возвышенностями, поперечными руслу Волги, которые являются естественными водоразделами правого берега, вместе с поймами впадающих в Волгу рек продиктовал очаговое размещение зон расселения. Они впоследствии сформировали центральные ядра районов в линейной структуре, а овражные территории и территории со сложным пересеченным рельефом в совокупности с пойменными зонами притоков Волги обозначили естественные границы районов (межрайонные буферы линейно-узловых структур МБЛС) и современную линейно-узловую структуру Волгограда.

В современных экономических условиях развития города, наряду с концентрацией и увеличением функций в центральных ядрах линейной структуры и исчерпанием возможностей их насыщения МФК, проявились тенденции переноса и размещения различного рода средних и крупных МФК на свободные городские территории [15]. Такими территориями оказались межузловые буферные зоны (МУБЗ), освободившиеся от промышленного использования приречные площадки с огромным потенциалом развития, а также пригородные зоны вдоль федеральных въездных магистралей. Ранее МУБЗ номинально входили в городскую территорию, но не рассматривались как зоны перспективного развития по причине удаленности от ядер, отсутствия инженерной, социальной инфраструктуры, а также наличия сложного рельефа и геологии, требующих значительных первичных затрат. Особым вниманием и спросом на размещение МФК стали пользоваться МУБЗ, по территориям которых проходят автомагистрали федерального и регионального значения, а также Первая, Вторая и Третья продольные магистрали Волгограда.

Как правило, исторически приречные территории городов с развитой структурой были заняты промышленными предприятиями и различного рода инфраструктурными сооружениями, связанными с речным трафиком. Волгоград является в этом плане характерным примером подобного подхода к образованию промышленной и жилой агломерации.

Для определения стратегии развития прибрежных пространств города следует выделить ряд определяющих факторов:

- принадлежность к одной из трех условно выделенных зон в соответствии с географией и климатом (три уровня по отношению к руслу и зеркалу реки);
- наличие благоприятных природных условий нулевой платформы береговой линии для отдыха и проживания при резко континентальном климате;
- наличие расположенной рядом хорошо развитой транспортной сети (рокадных дорог и мощных поперечников), позволяющей быстро приступить к обустройству транспортной инфраструктуры и созданию качественной логистики для сервисных функций;
- наличие расположенной рядом инженерной инфраструктуры прилегающих районов города и возможность быстрого наращивания ее мощности.

Однако имеет смысл выделить и ряд факторов, осложняющих освоение приречных территорий Волгограда:

- многообразие природного ландшафта и сложной геологии (большое количество оврагов, лощин и русел небольших рек, фрагментирующих приречную территорию на отдельные территории);

- отсутствие или недостаточность мероприятий по укреплению береговой линии русла Волги и освоению дополнительных территорий;
- значительный сезонный перепад уровня водного зеркала Волги в периоды паводков (в районе Центральной набережной до 6,2 м);
- недостаточность или отсутствие транспортной доступности нижних террас береговой линии Волги;
- отсутствующая или не отвечающая нормам инженерная инфраструктура для застройки и организации рекреационных зон;
- размещение промышленных объектов на значительной части береговых территорий;
- нерентабельность сноса старых объектов промзон и рекультивации их территорий.

а *б* *в* *г* *д*

Схемы размещения береговых линий набережных зон Сталинграда — Волгограда: *а* — 1930—1942 гг.; *б* — 1951—1971 гг.; *в* — 1971—2010 гг.; *г* — 2010—2022 гг.; *д* — на перспективный период 2023—2030 гг.

Заключение

На основании проведенного анализа территории города можно четко выделить три характерные географические платформы, отличающиеся друг от друга конфигурацией и размерами, но прежде всего своими климатическими параметрами:

Первая платформа — зона, непосредственно расположенная у береговой линии Волги.

Вторая платформа — зона современного освоения верхнего уровня набережной, исторического центра и старой застройки Царицына, ограниченная трассировкой железной дороги, которая разделила, в свою очередь, центральные и северные районы города на две зоны — вторую и третью. Впоследствии каждая из обозначенных зон в своем эволюционном развитии получила четкое функциональное предназначение.

Третья платформа — в центральной зоне города, это территория Заполотновской части города (Сибирь-гора), Дар-гора; на юге города это Ергенинские высоты, Верхняя Ельшанка — природный водораздел между Волгой и Доном; на севере города — зоны возвышенностей в Краснооктябрьском и Тракторозаводских районах до русел рек Сухой и Мокрой Мечетки.

Из восьми районов города только Центральный, Ворошиловский и Советский базируются на трех климатических платформах, остальные пять районов расположились на платформе двух климатических зон. Каждая из них отличается своим набором средних температур в течение года. Чем дальше от русла Волги находятся зоны города — берутся во внимание отметки и расстояние, — тем менее комфортны и экономически оправданы складывающиеся условия для проживания и размещения городской инфраструктуры.

В настоящее время следует отметить тенденцию системного создания во всех районах города Нулевой платформы, которая продолжительное время фрагментарно существовала только в Центральном районе Волгограда в качестве зоны рекреационного назначения (рис., *б*, *в*).

Можно предположить, что создание сплошной транспортной продольной магистрали на Нулевой платформе даст дополнительный импульс для более эффективного и быстрого развития буферных зон (МУБЗ) в линейно-узловой структуре города, что, в свою очередь, положительно скажется на экономическом развитии территорий (рис., *г*, *д*).

Данные исследования и вариантные разработки перспектив развития береговой линии Волгограда легли в основу серии проектов выпускных квалификационных работ студентов ИАиС и явились основой для определения направлений их проектной и научной деятельности [17, 18]. Результаты работы широко представлены в выборе тематики ВКР под научным руководством одного из авторов данной статьи А. В. Чуйкова, наиболее интересными из которых являются: «Проект жилого комплекса „Лагуна“ в акватории Волгоградского водохранилища с разработкой градостроительной концепции „Остров“, ст. З. А. Чуйкова; «Проект жилого комплекса на Набережной с разработкой концепции планировки прибрежной территории в Ворошиловском района г. Волгограда», ст. Р. Малай; «Проект многофункционального общественного центра „Волго-Дон“ в Красноармейском районе г. Волгограда», ст. В. Серединцев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Красильникова Э. Э.* Landscape and urban planning transformation of space-planning structure // Hybridization between form and energy. 2014. No. 3. URL: http://www.urbanhybridization.net/tadi_et_alii.pdf.

2. *Антюфеев А. В., Антюфеева О. А.* Linear cities: controversies, challenges and prospects // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 687 : International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety (ICCATS-2019), Sept. 25—27, 2019, Chelyabinsk, The Russian Federation. Iss. 5. Architecture, urban studies and design / Eds. A. A. Radionov, D. V. Ulrikh. Ekaterinburg : IOP Publishing, 2019. 7 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/5/055025/pdf. DOI: 10.1088/1757-899X/687/5/055025.

3. *LeCorbusier*. Urbanisme / Пер. с фр. В. Н. Зайцева. URL: http://boldm.ru/books/le_corbusier/urbanism.

4. *Collin G. R.* Linear planning throughout the world // Ekistics. 1960. Vol. 9. No. 54. Pp. 242—253. URL: www.jstor.org/stable/43622692.

5. *Sambricio C.* Ciudad Lineal, un ejemplo de urbanismo liberal // Arturo Soria y el urbanismoeuropeo de sutiempo 1894—1994: primer centenario de la CompañíaMadrileña de Urbanización. Madrid : Fundación Cultural COAM, 1996. Pp. 38—49. URL: http://oa.upm.es/1628.

6. *Бунин А. В., Саваренская Т. Ф.* Концепция линейного города // Градостроительство XX века в странах капиталистического мира. Т. 2 / А. В. Бунин, Т. Ф. Саваренская М. : Стройиздат, 1979. URL: http://townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000016/st022.shtml.

7. *Хмельницкий Д. С.* «Соцгород» Николая Милютина в контексте советской истории URL: https://archi.ru/elpub/91545/socgorod-nikolaya-milyutina-v-kontekste-sovetskoi-istorii.

8. *Tufek-Memisevic T.* A linear city development under contemporary determinants // Scientific Journals Online. Housing Environment. 2015. No. 14. URL: https://www.ejournals.eu/housingenvironment/2015/14(2015)/art/7426.

9. *Batty M.* The Linear City: illustrating the logic of spatial equilibrium // Computational Urban Science. 2022. Vol. 2. No. 8. URL: https://doi.org/10.1007/s43762-022-00036-z.

10. *Navascues Palacio P.* La ciudad lineal de Arturo Soria. URL: http://oa.upm.es/7682/1/Villa_28.pdf.

11. *Малоян Г. А.* Основы градостроительства : учеб. пособие. М. : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. 120 с.

12. *Деточенко Л. В.* «Линейный город» город: историко-географические особенности территориальной организации, хозяйственной и транспортной составляющих (на примере Волгограда) // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. : Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28. № 2. С. 200—210. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35122700_66101357.pdf.

13. *Мазаев Г. В.* Линейные планировочные системы «идеальных» городов России XVIII — начала XIX века // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. № 3(84). С. 195—203.

14. *Чуйков А. В.* Специфика и особенности размещения МФК в Волгограде // Проект «Нижняя Волга». 2017. № 1(17). С. 36—39.

15. *Чуйков А. В.* Проблемы и тенденции размещения многофункциональных комплексов в городе с линейно-узловой структурой на примере г. Волгограда // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации : материалы четвертой Междунар. науч. конф., Владивосток, 1—5 июня 2020 г. Вып. 4 / Под ред. В. К. Моора. Владивосток, 2020. С. 174—179.

16. *Антюфеев А. В., Числова И. Ю.* Функционально-планировочные аспекты реновации депрессивных промышленных территорий в приречных зонах городов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 194—202.

17. *Москвин А. М., Вакулина И. Н.* К вопросу о реконструкции транспортно-пересадочного узла по ул. Краснознаменской г. Волгограда // Инновационные технологии в строительстве и ЖКХ — основа формирования городской среды : сб. ст. науч.-практ. конф., Волгоград, 22—28 апр. 2020 г. Волгоград, 2020. С. 105—106.

18. *Домаронок М. Ю., Свиридова А. В.* Исторический аспект архитектурно-градостроительного развития города // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгогр. гос. техн. ун-та, Волгоград, 13—17 мая 2019 г. : тез. докл. / Отв. ред. С. В. Кузьмин. Волгоград, 2019. С. 343.

© Чуйков А. В., Вакулина И. Н., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Чуйков А. В., Вакулина И. Н. Проблемы освоения и пути развития прибрежных территорий в линейных структурах городов на примере Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 397—404.

Об авторах:

Чуйков Андрей Владиславович — почетный архитектор России доц. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; chuikov.pro@gmail.com

Вакулина Ирина Николаевна — старший преподаватель каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; irina-vakulina@mail.ru

Andrei V. Chuikov, Irina N. Vakulina

Volgograd State Technical University

THE PROBLEMS OF FAMILIARIZATION AND WAYS OF DEVELOPMENT OF COASTAL TERRITORIES IN LINEAR STRUCTURES OF CITIES ON THE EXAMPLE OF VOLGOGRAD

The article discusses the features of the development of the coastline of linear structures in the city-forming aspect. The analysis of the structure of planning structures of cities of considerable length was carried out and the main factors determining their development were identified. On the example of Volgograd, the advantages and disadvantages of using linear structures in the planning of the city and its coastal areas are considered. The urban areas were classified according to a number of characteristics and the factors hindering the development of coastal spaces and their effective familiarization are identified. The results of the study are outlined with proposals for measures aimed at solving this problem.

K e y w o r d s: urban planning, urban development, coastal territories, linear structure of the city, territorial planning solutions.

For citation:

Chuikov A. V., Vakulina I. N. [The problems of familiarization and ways of development of coastal territories in linear structures of cities on the example of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 397—404.

About authors:

Andrei V. Chuikov — Docent of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Academicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; chuikov.pro@gmail.com

Irina N. Vakulina — Senior Lecturer of Architecture of Buildings and Structures Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Academicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; irina-vakulina@mail.ru

УДК 72.01, 711.4

Ю. С. Янковская

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ГОРОД И РЕКА: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ

Статья посвящена проблеме преобразования приречных пространств исторических городов России. В качестве примеров взяты три разных города — Кострома, Тула и Тюмень, зарождение, развитие и современное состояние которых непосредственно связано с важной ролью приречных территорий. Статья написана на основе обобщения опыта научных исследований кафедры градостроительства СПбГАСУ. Наиболее интересны в этом плане Кострома и Тула, их история начинается с XII века, Тюмень в данном случае может рассматриваться на контрасте как более позднее градостроительное образование XVI века.

Ключевые слова: планировочная структура города, прибрежные городские территории, водно-зеленый каркас города, реновация, рефункционализация.

Исторически для русских городов характерной особенностью была связь с природным рельефом и использование потенциала приречных территорий. В настоящее время река также является неотъемлемой частью структуры многих городов, которая определяла потенциал территории, возможность развития и наличия транспортных путей, позже — возможность индустриального развития и в настоящее время — рекреационный потенциал и качество проживания горожан.

Данная статья посвящена обобщению материалов научных исследований, выполненных магистрантами под руководством автора на кафедре градостроительства Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета [1]. В одной статье невозможно раскрыть всей сложности и многоаспектности темы рек в формировании и преемственном развитии городской структуры [2], поэтому в рамках статьи мы остановимся на концепциях и ряде конкретных предложений по рефункционализации приречных территорий.

Город и река — смена приоритетов

Основной проблемой в рассматриваемых городах является определенная двойственность приречных пространств исторических городов: с одной стороны, это наиболее престижные места, связанные с формированием исторического ядра и облика города в целом, его знаковых мест, а с другой — это «серые зоны», выпадающие из связной и доступной для жителя городской структуры в период индустриального развития за счет наличия развитых производственных территорий (используемых по назначению в настоящее время или ориентированных на рефункционализацию и вынос производственных функций). В настоящее время мы сталкиваемся с общей архитектурно-градостроительной проблемой возврата значимых для истории и современности приречных территорий [3, 4] в общедоступные и благоустроенные для горожан места пребывания, которые должны раскрыть новые потенциалы развития городской структуры в целом и ее общественных пространств в частности.

Стоит обратить внимание, что размещения исторического ядра в Костроме, Туле и Тюмени непосредственно связано и с природно-ландшафтными особенностями приречных территорий (Кострома расположена на Волге и Костроме (приток Волги), Тула — Упе и Тулице, Тюмень — на берегах Туры и левом притоке реки Тобола). Общим моментом, определившим в дальнейшем поэтапную депрессивность значительной части городских приречных территорий, стал переход к индустриальному производству, для которого требовались водные ресурсы в энергетическом, технологическом и транспортном аспектах, и, как следствие, городские территории, расположенные вблизи рек, перешли в ведение производственных объектов, выпадая тем самым из общегородского контекста и доступности для жителей. Стоит также отметить, что индустриальный период зачастую способствовал искусственному преобразованию ландшафтов, что особенно повлияло на приречные территории.

Обратившись к историческому экскурсу развития приречных территорий рассматриваемых городов, мы увидим общность проблем и решений.

Городская ткань и приречные территории — истории переплетений

Кострома. Этот город в течение всей свой истории имел особую значимость в русле развития приречных территорий. Существует представление о том, что заложена Кострома была еще в XII веке на высоком берегу реки Сулы, недалеко от ее впадения в Волгу, хотя дошедшее до нас летописное упоминание о Костроме относится только к 1213 г.

В XIV веке Кострома стала одним из форпостов в составе Московского княжества. К середине XVII века возрастает экономическое значение Костромы в Московской Руси, она становится третьим по значимости городом после Москвы и Ярославля. В это время планировка Костромы сохраняет характерные особенности русского средневекового города: направление улиц в основном идет с окраин города к его главной центральной постройке — кремлю, а три главные улицы фиксируют значимые направления на Москву — Ярославль, Кинешму — Нижний Новгород и Галич.

Со второй половины XVII века в Костроме по берегу Волги активно проводилось строительство храмов, в это время приречная территория становится местом притяжения населения и проведения праздников. В этот же период начинается развитие промышленного производства Костромы. Город становится одним из центров полотняного производства. Костромская набережная обрастает различными заводами и фабриками. Постепенно выход к акватории реки отдаляется от городского населения.

Определенный возврат к значимости приречных территорий происходит в XVIII веке, когда Кострома становится крупной товарной пристанью на Волжском торговом пути. В жизнь города вплетаются торговые водные пути, основной поток городского и приезжего населения был сосредоточен на городской набережной, образующей «общественное пространство».

В 1781 г. город получил генеральный план городской застройки с центром в виде полукруглой площади, раскрывающейся к Волге.

В XIX веке важным для Костромы стало активное развитие промышленности и текстильного производства (как наиболее значимого). Приречная территория в это время разделяется центральной улицей на промышленную часть и часть центральной набережной, расположенной вблизи кремля.

К началу XX века Кострома — крупный индустриальный город, который уже не связан торговыми водными путями (их место занимает более эффективное железнодорожное сообщение). Набережная города, некогда бывшая ключевой точкой притяжения горожан, застраивается новыми промышленными объектами. Промышленная зона Костромы формировалась века на территории, прилегающей к реке Костроме и ее притоку реке Запрудне, напротив Ипатьевского монастыря. Одновременно вокруг фабрик сформировались рабочие поселения, в которые наряду с жилыми домами входили разнообразные учреждения социального обслуживания.

На сегодняшний день некогда сформировавшиеся промышленные районы теряют свою значимость и создают депрессивные территории вдоль береговых линий [5]. Кострома столкнулась с проблемами градостроительного характера, связанного с необходимостью рефункционализации приречных территорий и организации выхода к акватории селитебных районов (рис. 1, 2).

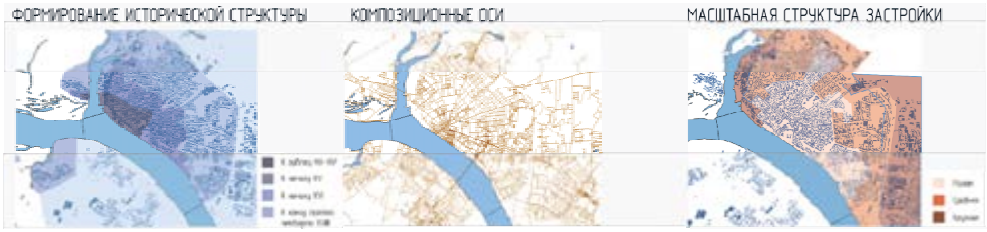


Рис. 1. Формирование планировочной структуры Костромы [5]

Рис. 2. Изменение основных направлений и точек притяжения Костромы

Тула. Один старейших городов России, согласно Никоновской летописи годом основания города считается 1146 г.

Тула имела важное стратегическое значение. Тула являлась южным форпостом Московского княжества и обеспечивала защиту от набегов крымских татар. Город развивался как приречное поселение, историческим ядром которого является кремль, построенный на берегу реки Упы в XVI веке. Эта модель свойственна для многих русских городов того времени.

До середины XVII века Тула развивается как город-крепость. Далее, в связи с перемещением границы Русского государства на юг, город начинает менять вектор развития на кузнечное ремесло, а впоследствии и оружейный промысел, что было поощряемо московскими правителями.

Тула в доиндустриальный период развивалась как город с большим количеством слобод, располагавшихся вдоль дорог, ведущих к центру. Так, в период развития оружейного промысла, с XVI по XVII век, развивается Оружейная слобода на правом берегу Упы.

В начале XVIII века происходит замена ремесленного производства заводским. В 1712 г. по указу Петра I в Туле появился первый в России государственный оружейный завод. Как следствие развития заводов (в XVIII веке) появляются первые градостроительные идеи перепланировки Тулы на регулярной основе. Осваиваются территории Оружейной, Чулковской и Ямской слобод в связи с расширением казенного производства. Генплан предлагал развитие города от кремля, который также предполагалась реконструировать по классическим принципам.

Если посмотреть на исторические карты Тулы до XIX века, то очень сложно будет узнать реку — ее берега достаточно широки. В начале XVIII века при строительстве Тульского оружейного завода русло реки Упы изменили: спрямили, расширили, построили плотину. В XVII веке на реке Тулице была устроена плотина завода Никиты Демидова, при плотине в 1696—1701 гг. был создан крупный Демидовский пруд (его площадь была до 40 га). При его организации вода накрыла болото тулицкого правобережья, что вскоре привело к заболачиванию и заиливанию пруда. В середине XIX века Демидовский пруд был спущен на половину, а в конце XIX века ликвидирован в связи со строительством Сызрано-Вяземской железной дороги.

С развитием промышленности многие приречные территории стали застраиваться заводами. На рубеже XIX—XX веков активно развивалась промышленность: металлообрабатывающая, металлургическая, военная и сахарная и строились крупные предприятия (рис. 3). В период Великой Отечественной войны промышленность Тулы потерпела большой урон, но была восстановлена в короткие сроки в послевоенный период. Сейчас город Тула является одним из крупных промышленных центров; ведущие отрасли: машиностроение, металлообработка, черная металлургия. Промышленность с большим количеством выбросов определила экологическую проблематику развития города, а также загрязнение рек и приречных территорий [6].

Рис. 3. Развитие планировочной структуры Тулы [6]

Тюмень. Город был основан в 1586 г. как крепость в устье реки Тюменки, на древней караванной дороге из Средней Азии в Поволжье, что и определило торговый характер города. На возникновение и развитие Тюмени повлияли также очень удачные ландшафтные условия, что оценили еще древние татары, построившие здесь свою первую столицу. Как и многие сибирские города, Тюмень начиналась с крепости.

С XVII века Тюмень стала важнейшим транспортным пунктом на торговом пути из Сибири в Китай, значительным ремесленным центром. Сложившаяся к тому времени структура города представляла собой городское ядро (кремль), посад, слободы, монастыри. Ландшафтная ситуация была использована рационально: на самом высоком мысу была построена крепость и под ее защитой размещен посад, мыс на противоположной стороне был укреплен монастырскими стенами, на удалении женский монастырь и прилегающие к нему слободы определяли направления роста Тюмени. Застройка образовала своеобразную цепочку, вытянутую вдоль обрыва Туры: монастырь — кремль — посад — монастырь. Эта своеобразная линейность до конца XIX века будет определять характер и силуэт города.

Самый ранний план города, который был опубликован в «Списке тюменском городовом», отражает структуру Тюмени в конце XVII века и демонстрирует интереснейшую особенность — ортогональную планировку. В XVII веке почти все города Центральной России еще имели древнюю живописную сеть улиц, но сибирские города, почти все начинавшиеся как военные крепости, более тяготели к регулярной структуре.

В начале XIX века Тюмень получила новый план, значительно развивавший промышленную часть города. В 1834 г. в Тюмени возник судостроительный завод. Во второй половине XIX века выросло значение города в связи с усилением его логистической значимости и открытием сибирского речного пароходства (в 1840 г.) и железной дороги Екатеринбург — Тюмень (в 1885 г.). В этот период Московско-Сибирский тракт, как основной вектор развития города, определил направления параллельных (продольных) улиц и дополняющих их поперечных — между берегами Туры и Тюменки. Этот принцип был использован при регулярной перепланировке города в конце XVIII — начале XIX века. Последовательная градоформирующая политика привела к тому, что с конца 1760-х гг. Тюмень стала застраиваться по принципам регулярного градостроительства.

Следует отметить, что на градостроительное развитие Тюмени повлияло отсутствие активного дореволюционного промышленного освоения и индустриального развития начала XX века. Форсированное развитие и застройка промышленных территорий города связаны с эвакуацией сотни различных предприятий в период Великой Отечественной войны. Следующий этап промышленного развития города (1960-е гг.) связан с добывающей и перерабатывающей промышленностью — открытием в Тюменской области крупных месторождений нефти и газа (рис. 4).

Тюмень относится к числу городов с экологическими проблемами приречных территорий. Как мы видим из исторического экскурса, долгое время в градостроительном развитии города преобладало потребительское использование и неурегулированная застройка благоприятных в рекреационном плане приречных территорий объектами промышленной и

транспортной инфраструктуры, а таже отсутствие комплексной стратегии развития приречных терриорий города, что вызвало ряд экологических проблем. Кроме того, следствием этого стала ситуация, в которой город, имеющий привлекательные в ландшафтно-композиционном плане ценные приречные терриории, не имел должной взаимосвязи селитебных зон с рекреационными благоустроенными пространствами вдоль рек и не использовал их активно в качестве общественных простраств и мест отдыха горожан [7].

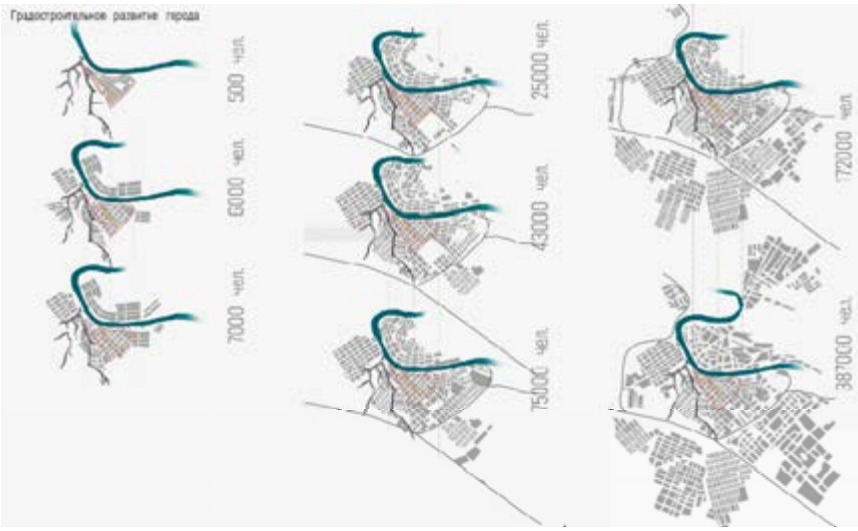


Рис. 4. Эволюция развития Тюмени [7]

Проблемы. Концепты. Перспективы

Сравнивая столь не схожие по своей истории развития приречные города Кострому, Тулу и Тюмень, мы можем попытаться найти общность возможных концептуальных подходов и генерализующих идей по преобразованию приречных территорий, их возвращению в полноценную городскую ткань [2].

Первый вопрос для исторического города — это его идентичность и память об истоках [8—11].

Можно выделить три слоя в нашем подходе:

- исходный концепт образования города;
- преобразующий индустриальный переворот;
- постиндустриальный взгляд на наследие, гуманизация и осмысление прошлого.

Попытаемся дать наиболее емкие трактовки эволюции *концептов* [2, 4, 10], определивших изменение взаимодействия двух систем — города и реки:

1. *Город-форпост*, как в оборонительном, так и в торговом планах. Река — основное условие, определяющий фактор возможного появления и развития города. *Кремль — ядро города*, определяющее его развитие и структурирующее взаимосвязь с ландшафтом. Общий градообразующий концепт акцентирует значимость реки и доминирующую роль высокого берега в архитектурно-градостроительной структуре.

2. *Город-крепость* с акцентированием оборонительной функции, обеспечивающейся в том числе водными преградами и оптимальным размещением (на высоком берегу) с точки зрения возможности слежения за прилегающими территориями и их защиты.

3. *Торговый город и торгово-ремесленный горд* — акцентирование роли водного транспорта в определенный период времени и развитие общественной застройки и планировочной структуры города по направлению к *речному порту*, который становится неким новым общественным центром, привлекающим разного рода активности населения.

4. *Индустриальный город* — концепт определивший значительное преобразование городского ландшафта и в особенности приречных территорий. Развитие промышленности, особенно тех ее форм, которые активно использовали энергию воды, привело к необратимым изменениям гидрографической структуры и трансформации планировочной структуры города. Появление плотин как неотъемлемых элементов производственной инфраструктуры и активизация использования водных ресурсов с точки зрения обеспечения логистических связей производственных объектов сыграли ключевую роль в изменении взаимодействия города и реки.

5. *Постиндустриальный город* — концепт, связанный с пересмотром значимости промышленных территорий в городской структуре. Изменение экономических и технологических приоритетов способствовало частичному выносу промышленных предприятий из приречных пространств города, а также появлению большого количества «серых зон», оставшихся от нефункционирующих бывших производственных и складских объектов.

С одной стороны, этап активного промышленного развития способствовал частичной утере ряда ландшафтных особенностей, утрате исходных гидрографических характеристик, загрязнению рек, их выпадению из рекреационной составляющей города, но с другой — мощь и культурная значимость этого преобразовательного промышленного наследия в настоящее время не может не учитываться в стратегиях развития города и преобразования его приречных территорий [12, 13].

Локусы проектных преобразований

Рассмотрим последовательно стратегии преобразования приречных промышленных территорий в рвыбранных нами городах.

Кострома. На данный момент наиболее нуждающимися в градостроительном преобразовании и рефункционализации землями являются приречные территории, расположившиеся вдоль берегов Волги и Костромы. Одной из основных проблем преобразования этих территорий является, во-первых, вынос функционирующих промышленных объектов, ориентация на развитие наукоемкой промышленности и соответствующих образовательных учреждений; во-вторых, активное развитие туристической инфраструктуры, так как туризм является одним из основополагающих стратегических факторов развития города (Кострома традиционно включается в туристический маршрут «Золотое кольцо России» и круизы по Волге).

Оптимизация планировочной структуры и трассировки улиц с учетом исторически сложившихся направлений, имеющих ценностные историко-культурные характеристики. Кострома, как многие средневековые российские города, имеет определенные композиционные принципы организации

планировочной структуры, такие как: протяженные вдоль береговой линии улицы, формирующие террасы вдоль реки, изначально плавные изгибы улиц, повторяющие линию рельефа, храмы как основные точки притяжения и формирования улиц в направлении к ним. Планировочная структура изменилась в XVII веке, когда новая радиально-кольцевая сетка улиц стала направлениями не только к храмам города, но и к фабрикам (новым точкам притяжения) [5]. Далее развитие промышленности на приречных территориях привело к огромному серому пятну в исторической части города. Ныне на плане города мы все еще видим историческую радиально-кольцевую сетку улиц, но из-за закрытости большей части приречных постиндустриальных территорий историческая планировочная структура не воспринимается. Поэтому для дальнейшего развития города в сфере туризма и улучшения его привлекательности необходимо восстановить вновь потерянные направления (рис. 5, 6).

Формирование градостроительной идентичности приречных территорий Костромы связано с приоритетом гуманитарного подхода к градостроительным преобразованиям [5, 16]. Идентичность (в градостроительном аспекте) связана с устойчивыми зрительными впечатлениями и определяет образное представление города и его исторического развития в сознании жителей. Поэтому первый аспект градостроительных преобразований в нашем случае — это работа с ландшафтом и преобразование территорий, определяющих визуальное восприятие и масштабную структуру города — рек и приречных территорий. Второй аспект: при необходимости изменить функциональное наполнение приречных территорий необходимо сохранять масштабность, характер членений (присущий этому историческому элементу планировочной структуры), «плановость» застройки и ее визуально воспринимаемой структуры, облик исторически ценных зданий (при необходимости с их рефункционализацией). Третий аспект — создание «проницаемости» и социальной насыщенности приречных пространств не только для транспорта, но и для пешеходов и велосипедистов, обеспечение большей связности сохранившегося исторического центра с приречными территориями (от которых изначально пошло развитие города) и «непрерывности» визуального восприятия уникальной исторической архитектуры, структуры сохранившейся исторической застройки с уникальными ландшафтными особенностями волжского города. Четвертый аспект — формирование «памятных мест» на основе рефункционализации бывших исторических производственных зданий и мест, связанных с историей и мифологией города и реки. Пятый аспект — корректность преобразований, ориентация на сохранение ценных визуальных, функциональных и смысловых преобразований исторически значимых приречных территорий Костромы. Все эти аспекты стали основой проектного предложения, представленного на рис. 6.

Тула. Подробно разобрав основные моменты преобразования приречных территорий Костромы, следует отметить, что основные положения могут быть перенесены и на Тулу, учитывая, что развитие металлургической промышленности привело к кардинальному преобразованию исторического ландшафта (плотины, городской пруд), в данном случае мы уже говорим не о сохранении и демонстрации ряда градостроительных особенностей русского средневекового города (здесь возможна в основном объектная ориентация) [2, 6].

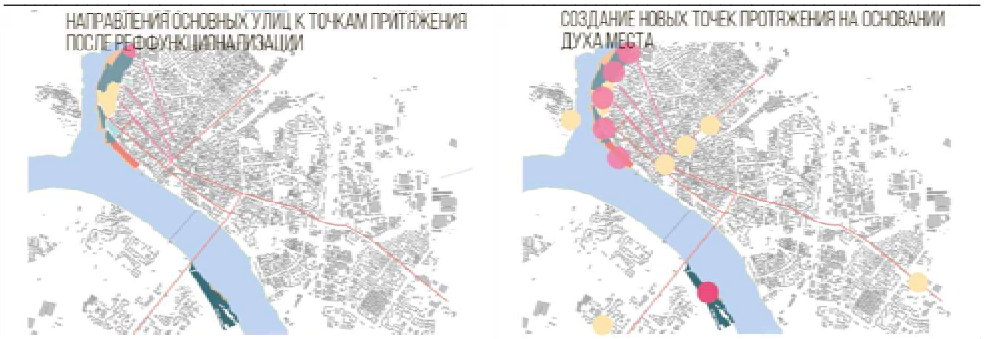


Рис. 5. Развитие основных направлений и точек притяжения Костромы

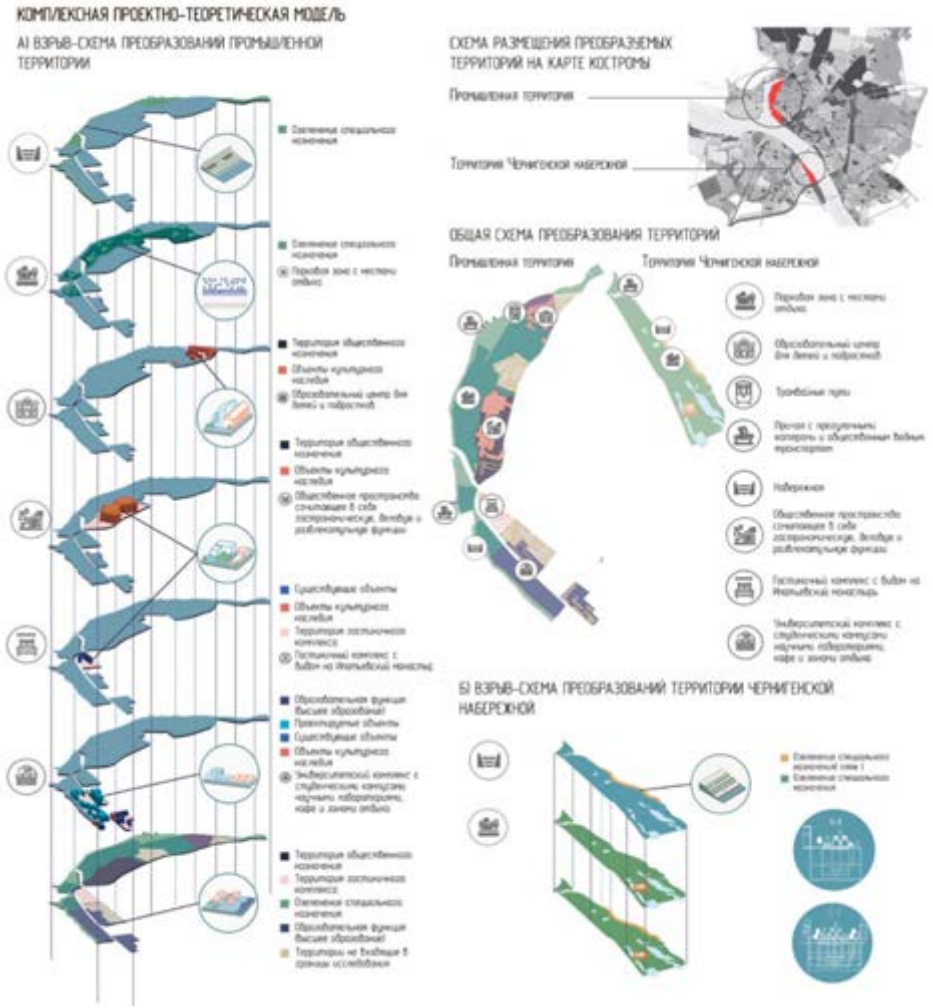


Рис. 6. Проектная концепция преобразования приречных территорий Костромы (магистерская работа Ю. К. Андреевой (Антоновой), выполнена под руководством автора статьи) [5, 16]

В Туле есть смысл актуализировать и развивать в историко-градостроительном плане преобразованный ландшафт промышленного города с плотиной и активно развивать компенсаторные механизмы [12] улучшения экологической обстановки за счет внедрения и развития зеленого каркаса (и систем садов и парков) [14, 15], дополняющего водный (требующего к себе повышенного внимания и мероприятий, направленных на его очистку и поддержание экологического баланса) (рис. 7).

Рис. 7. Развитие приречных территории Тулы в рамках концепции водно-зеленого каркаса (магистерская работа М. Н. Кошелевой, под руководством автора статьи)

Тюмень. Одной из основных концепций развития приречных территорий Тюмени является создание системы общественных центров вдоль береговой линии на территории бывших промышленных предприятий, сохраняющая традиции регулярной планировочной системы. Это позволит открыть доступ к акватории жилых районов как левого, так и правого берега реки Туры. Пути сообщения между предложенными общественными точками по воде будут представлять собой некий маршрут, который дополнит туристический каркас города. Кроме того, необходимо предложить ландшафтно-рекреационный каркас, который позволит насытить город зелеными пространствами и улучшить экологическую составляющую города [7, 17] (рис. 8).

Идеология преобразований

Обобщим основные моменты, которые были высказаны в статье. Сюжет «город и река» в аспекте постиндустриальной парадигмы может быть раскрыт в ряде значимых положений, таких как:

- определение ведущего историко-архитектурного концепта, определившего или в большей степени оказавшего влияние на развитие городской структуры и ее ценностных характеристик;
- корректное преобразование градообразующей базы развития города в направлении перехода от производственного к научно-творческому, туристско-рекреационному и общественно-образовательному, логистическому и пр.;
- сохранение (восстановление или реконструкция) ключевых ландшафтно-визуальных связей, формирующих панорамные виды города с реки;
- выявление (сохранение, восстановление) ключевых направлений планировочной структуры, связывающих ландшафт и значимые объекты города, их фиксация в трассировке улиц;

- комплексное формирование водно-зеленого каркаса города в целом, с акцентированием общественной и рекреационной значимости приречных территорий;
- формирование «градостроительной идентичности» приречных территорий и города в целом, которая основана на приоритете художественно-образной составляющей и развитии системы «памятных мест», ориентации на сохранение ценных визуальных, функциональных и смысловых наслоений.

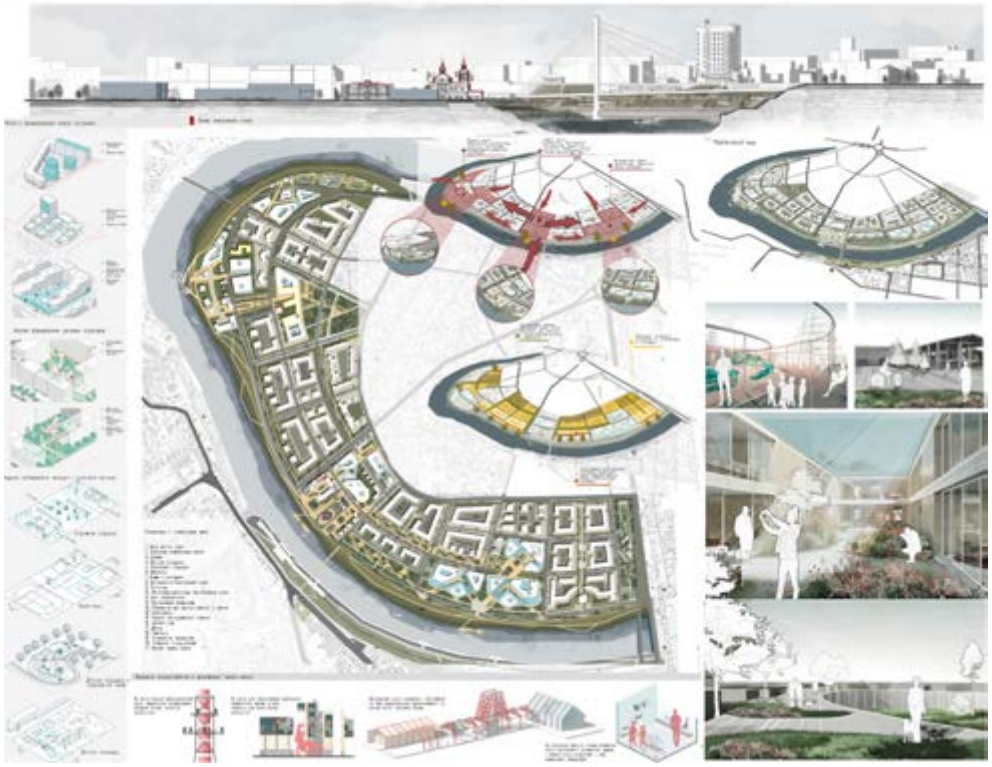


Рис. 8. Концепция развития приречных территории реки Туры, г. Тюмень (магистерская работа Е. В. Середы, выполнена под руководством автора статьи)

Благодарности

Автор выражает благодарность магистрантам Ю. К. Андреевой, М. Н. Кошелевой, Е. В. Середе за подготовку графических материалов к статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вайтенс А. Г., Митягин С. Д., Янковская Ю. С.* Проблемы подготовки кадров для архитектурно-градостроительной деятельности в магистратуре ведущих российских архитектурных школ // Вестн. гражданских инженеров. 2018. № 5(70). С. 222—228.
2. *Янковская Ю. С., Меренков А. В.* Архитектурные концепты градостроительной политики // Архитектура и строительство России. 2021. № 3(239). С. 42—49.
3. *Явейн О. И., Янковская Ю. С.* Междисциплинарные концепты как инструментарий архитектурного проектирования // Архитектура и строительство России. 2021. № 1(237). С. 88—95.
4. *Явейн О. И., Янковская Ю. С.* Архитектура как поиск истоков пространственности // Архитектура и строительство России. 2020. № 3(235). С. 22—27.

5. *Янковская Ю. С., Андреева Ю. К.* Кострома — формирование градостроительной идентичности: город и река, история и современность // Архитектура и современные информационные технологии. 2018. № 4(45). С. 314—328.

6. *Кошелева М. Н., Янковская Ю. С.* Модернизация функционально-пространственной структуры приречных территорий г. Тула // Инновационные научные исследования. 2021. № 2-2(4). С. 185—190.

7. *Середа Е. В., Янковская Ю. С.* Стратегия развития депрессивных приречных территорий города Тюмени // Актуальные вопросы современной науки и практики : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 2021. С. 345—349.

8. The SAGE Handbook of Architectural Theory / Ed. by C. G. Crysler, S. Cairns, H. Heynen. London : SAGE Publication Ltd., 2012. 700 p.

9. *Plammer H.* The Experience of Architecture. London : Thames & Hadson, 2016. 288 p.

10. *Yankovskaya Y. S., Merenkov A. V.* Image and morphology in modern theory of architecture // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,. 2017. P. 012134.

11. *Yankovskaya Y., Datciuk T., Kondratieva L., Mangushev R.* Structure, adaptability and security of an architectural object // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE-2019. 2020. P. 05007.

12. *Yankovskaya Y., Merenkov A.* Architectural formation of recreational and communicational framework of city // Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, ICCPAC 2020. 2021. Vol. 12. Pp. 107—111.

13. *Vaytens A., Yankovskaya Y.* Saint-Petersburg landscape scenarios and green architecture in the strategy of urban development // MATEC Web of Conferences, 2018. P. 02001.

14. *Yudina A.* Garden City. Supergreen Buildings, Urban Skyscapes and the New Planted Space. London : Thames & Hadson, 2017. 256 p.

15. *Stevens R., Baeck Ph., Reijntjes M.* Roof Gardens. Barcelona : Tectum Publishers, 2005. 176 p.

16. *Андреева Ю. К., Янковская Ю. С.* Особенности формирований приречных депрессивных территорий города Костромы // Новые идеи нового века : материалы Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ, 2018. Т. 1. С. 13—18.

17. *Середа Е. В., Янковская Ю. С.* Теоретическая модель преобразования промышленных приречных территорий г. Тюмени на основе анализа отечественного и зарубежного опыта // Евразийское научное объединение. 2021. № 2(72). С. 122—125.

© Янковская Ю. С., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Янковская Ю. С. Город и река: проблемы, перспективы и концепции развития // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 405—417.

Об авторе:

Янковская Юлия Сергеевна — д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ). Российская Федерация, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4

Yuliya S. Yankovskaya

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

CITY AND RIVER: PROBLEMS, PROSPECTS AND DEVELOPMENT CONCEPTS

The article is devoted to the problem of transformation of riverine spaces of historical cities of Russia. Three different cities are taken as examples — Kostroma, Tula and Tyumen, the birth, development and current state of which are directly related to the important role of riverine territories. The article is written on the basis of generalization of the experience of scientific research of the Depart-

ment of Urban Planning of St. Petersburg State University. The most interesting in this regard are Kostroma and Tula, their history begins with the XII century, Tyumen in this case can be considered by contrast as a later urban planning formation of the XVI century.

K e y w o r d s: planning structure of the city, coastal urban areas, water-green frame of the city, renovation, refunctionalization.

For citation:

Yankovskaya Yu. S. [City and river: problems, prospects and development concepts]. *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], 2022, iss. 3, pp. 405—417.

About author:

Yuliya S. Yankovskaya — Doctor of Architecture, Prof., Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 4, 2nd Krasnoarmeiskaya st., Saint Petersburg, 190005, Russian Federation

УДК 730

В. Е. Дунин

Волгоградский государственный технический университет

РОЛЬ ГОРОДСКОЙ СКУЛЬПТУРЫ В ФОРМИРОВАНИИ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА НАБЕРЕЖНОЙ

Искусство скульптуры украшает окружающее человека пространство, заставляет задуматься о вечных ценностях, приобщает к культуре. Находясь в городской среде, человек в первую очередь сталкивается с архитектурными объектами и их декоративным оформлением. Скульптура используется как одно из основных средств такого оформления. Она может подчеркивать городские координаты, служить ориентиром или композиционной доминантой, выделять отдельные пространства между ними, корректировать их масштабные характеристики, закреплять визуальные связи. Таким образом, монументально-декоративная скульптура несет градостроительную функцию. В исследовании показывается, что можно ставить вопрос о том, как оптимально должна быть организована территория набережной средствами скульптуры для создания ее целостного образа, рассматривается скульптурный объект и характер его воздействия на зрителя, при этом за основу берутся ключевые факторы отношения человека к объекту восприятия: познание, эмоциональное состояние, оценка разнообразия видов эстетических предпочтений. Последовательно выявляются выразительные (сюжетные и тематические) линии, которые в дальнейшем могут стать содержательной основой архитектурно-художественного решения района набережной в целом и фрагментов среды, служащих толчком к образно-пластическому осмыслению «памяти места», зафиксировавших культурную цепь исторических событий. Это в дальнейшем должно помочь в обнаружении «духа места» и «духа времени», культурно-стилевого контекста места либо стилевого «кода» города.

Ключевые слова: городская скульптура, комфортная среда, декоративная функция, композиционная доминанта, социальное пространство.

С момента строительства в 1952 г. по проекту народного архитектора СССР Василия Симбирцева Центральная лестница с пропилеями стала главной в композиции и соединила два уровня набережной, став самой красивой в России. С тех пор набережная ни разу капитально не ремонтировалась. На рубеже нулевых это была серая, унылая и неуютная территория с множеством разрушений. А ведь наша набережная — памятник истории и культуры регионального значения. Первые серьезные работы по реконструкции начались осенью 2017 г. Кроме того, на набережной должен появиться новый парк площадью 16,5 га с летним амфитеатром на 2300 мест. К новой концертной площадке от центральных лестничных спусков в створе улиц Порт-Саида и Ковентри будет вести новый пешеходный мост. Проектом предусмотрена реконструкция существующих фонтанов неподалеку от здания речпорта и сооружение четырех новых. Запланировано мощение пешеходных зон гранитной плиткой.

Названная в честь 62-й Армии, освободившей Сталинград, она, по задумке архитектора, имеет значение парадных ворот города-героя. Это живописное место в самом сердце города-героя давно стало не только объектом проведения самых значимых для города мероприятий и торжеств, но и популярным местом отдыха для волгоградцев и гостей города. С центральной набережной для многих туристов и отдыхающих начинается знакомство с городом. Территория протянулась между сложившимися завершенными уникаль-

ными памятниками градостроительства волгоградской набережной — ансамблями центральной лестницы и панорамы Сталинградской битвы и представляет собой многослойный урбанизированный ландшафт, пространство для отдыха горожан, включающее крупные спортивные комплексы, места общественных собраний, предприятия общественного питания, спортивные зоны. Путем создания новых комфортных пространств в центре Волгограда решается задача качественного преобразования инфраструктуры известного во всем мире города.

Особой, нарядный вид набережной придают различные архитектурные формы: уютные террасы, роскошные гранитные лестницы, парадные пропилеи, фонтан, фонари под старину. Ротонда, колоннада и террасы, восстановленные по дореволюционным проектам. Все эти архитектурные формы украшены скульптурной лепниной, которая создает эффект помпезности. По гранитной лестнице, оформленной пропилеями, от самой Волги можно подняться к самому сердцу центральной набережной, на место всех встреч и свиданий — к фонтану «Искусство». Фонтан представляет собой скульптурную композицию — бронзовые фигуры, изображающие трех танцующих девушек. Фонтан установлен в августе 1957 г. В 2012 г. фонтан стал светомузыкальным (рис. 1).

Рис. 1. Фонтан «Искусство

Сегодня в ландшафте набережной сосуществует несколько типов памятников и скульптур, утверждающих различные образы города и определяющих его имидж. Однако в самосознании Волгограда по-прежнему преобладает универсальная советская матрица идентичности. Жизнь Сталинграда разделилась на два времени: до войны и после. В довоенные годы страна знала Сталинград как растущий индустриальный центр. Преобладали скульптуры, посвященные одной теме — прославлению мысли и прекрасного по форме человеческого тела. В развитии советской парковой скульптуры главной доминантной была идеология. К сожалению, все скульптуры, созданные в 1930-е и 1940-е гг., были разрушены Великой Отечественной войной. Великая Отечественная война оставила огромный след в истории города, и это не могло не отразиться на скульптурном искусстве Сталинграда. Однако сохранился памятник, созданный скульпторами

М. Г. Белашовым и Е. Ф. Алексеевой-Белашовой, а также архитектором В. Е. Шалашовым. Памятник Герою Советского Союза летчику Хользунову (1905—1939) был установлен в Сталинграде в 1940 г. на набережной. Поставлен в честь земляка, летчика-интернационалиста, прославившегося в Испании, после того, как ему было присуждено звание Героя Советского Союза посмертно (рис. 2).

Рис. 2. Памятник Герою Советского Союза летчику Хользунову

Нужно отметить патриотический характер скульптуры, преобладавшей в Сталинграде — Волгограде. Во время прогулки по набережной второй половины XX века в основном мы встречаем крупные монументальные памятники (а также бюсты и барельефы), посвященные военным событиям и людям, прославившимся во время войны.

Памятник мирным жителям Сталинграда (жертвам бомбардировки) был открыт в сквере на набережной (рис. 3).

Рис. 3. Памятник мирным жителям Сталинграда

Памятник Константину Рокоссовскому установлен в 2015 г. на высоком волжском берегу, рядом с храмом, как раз напротив того места, где в 1942—1943 гг. на левом берегу Волги находился штаб командующего Донским фронтом. Монумент установлен в память о заслугах маршала в Сталинградской битве, где он, командуя войсками Донского фронта, завершил уничтожение окруженных войск 6-й немецкой армии во главе с фельдмаршалом Паулюсом. Маршал изображен на коне с шашкой наголо, в парадной форме — таким, каким он был на Параде Победы в 1945 г. (рис. 4). При пристальном рассмотрении скульптуры возникает чувство гордости за талантливого скульптора и за город, обладающий такой яркой историей.

Рис. 4. Памятник Константину Рокоссовскому

Отношение к пластике менялось при смене культурных парадигм, эстетических предпочтений и художественных стилей. На эмпирическом материале Волгограда выделены ключевые функции современной городской скульптуры и памятников: монументальная, мемориальная, аксиологическая, эстетическая, социальная, рекламная, развлекательно-игровая, культурно-просветительская. Репрезентация образов досоветского прошлого, прежде всего обращение к истории и культуре Царицына. Это можно трактовать как местную форму реализации общероссийской политики, использующей темы патриотизма, православия, сохранения семейных ценностей, единства народов России, возрождения культурных традиций.

На набережной города, по соседству с храмом Иоанна Предтечи был открыт памятник Петру и Февронии 8 июля 2012 г., во всероссийский День семьи, любви и верности. Скульптор — Константин Чернявский (рис. 5).

Памятник российскому казачеству был открыт 4 ноября 2010 г. недалеко от церкви Иоанна Предтечи, считающегося казачьим храмом, в День народного единства, совпавшего с праздником Казанской иконы Божьей матери, почитаемой казаками (рис. 6). Автор В. Серяков.

Рис. 5. Памятник Петру и Февронии

Рис. 6. Памятник российскому казачеству

Другую группу памятников составляют скульптурные изображения представителей отдельных профессий и символы, контекстуально связанные с определенными институциями, например указывающие на род деятельности организации или отражающие ее историю и традиции. Такой тип памятников отличается демократичностью и разнообразием стилистических художественно-выразительных средств. Большинство объектов данной группы можно отнести к жанровой городской скульптуре, которая, в отличие от монументальных, суровых, патетичных памятников о героическом прошлом Волгограда, не выражает большие идеи, а украшает и эмоционально насыщает городскую среду, делает ее более уютной и человечной. Высота данных скульптурных произведений составляет 1,0… 2,5 м, что предполагает тактильное взаимодействие реципиента с памятником. Заслуживает внимания многочисленная и наиболее популярная у горожан группа памятников, образующих вместе с фонтанами, вазонами, фонарями, скамьями городской партер. Это жанровая городская скульптура, топиарные фигуры, малые архитектурные формы, самодельные объекты и композиции, которые во многом определяют комфортность среды, ее эстетические характеристики и оказывают влияние на впечатление от восприятия набережной вцелом, однако не несут глубокой смысловой нагрузки, выступая в роли элемента дизайна среды и инструмента маркетинга.

Идентичность города и его имидж фиксируются в сфере повседневности, в ежедневных привычных практиках горожан, объектах и средах, при этом визуальная составляющая имеет первостепенное значение в процессе брендирования территории. Внедрение в городскую среду персонажа с парадоксальной историей не только разрушает привычные режимы взаимодействия с памятником, порождая вопросы и вызывая у прохожих эмоциональный отклик в виде улыбки, чувства недоумения, удивления, осуждения, но и является эффективным способом конструирования городских легенд и мифов. В настоящее время, когда человек практически находится в стенах дома или на работе, часы, проведенные в парках и скверах набережно, должны быть наполнены только хорошими ощущениями и комфортом.

Ярким примером является памятник Виктору Лосеву на набережной (рис. 7). Автор скульптуры — волгоградский скульптор Сергей Щербаков. Виктор Лосев признан знаковой фигурой для Волгограда. Его имя стало легендой еще при жизни. Это был талантливый, светлый, открытый человек.

Рис. 7. Памятник Виктору Лосеву

«Изменения, происходящие в обществе: смена поколений, масштабные события, новые мифы и ценностные установки, — материально деформируют окружающее пространство. Новые памятники вытесняют старые символы города, смысловой потенциал которых практически исчерпан, ареал обитания последних сужается, и они мимикрируют под окружающий природный или городской ландшафт (становятся простыми пространственными указателями, названиями станций общественного транспорта, привычным местом встреч и т. д.), оживая лишь в дни праздников» [1, с. 80].

Все больше скульптур выполняют рекламные, развлекательно-игровые, культурно-просветительские задачи. Примером этому служит серия скульптур в районе пересечения улиц Комсомольской и Чуйкова, прилегающих к верхней террасе набережной: «Фонарщик», автор М. Завьялов (рис. 8), памятник пивовару, выполненный В. А. Серяковым (рис. 9).

Рис. 8. Фонарщик

Рис. 9. Памятник пивовару

Необходимо, отметить, что все скульптурные композиции выполнены на высокохудожественном уровне, удивляют проникновенностью, динамизмом и лиричностью.

Исходя из функциональной значимости территории, композиционно-пространственных возможностей, созданных существующей ситуацией, и проектируемых приемов освоения прибрежной зоны, а также учитывая возможность восприятия художественного объекта наибольшим количеством людей, создаются чрезвычайно удачные примеры, демонстрирующие неограниченные возможности соединения функции и искусства. Например, так называемая светящаяся, или сигнальная, скульптура, направленная на визуальное и эмоциональное акцентрирование городского пространства. Эти произведения скульптуры выполняют не только образную, но и утилитарную функцию: различные формы жизнедеятельности человека требуют участия в городской среде и знаково-ориентационной скульптуры, и пластических интерпретаций городской мебели, и установки фонтанов, бассейнов, игровых скульптур, обеспечивая комфортность и разнообразие осваиваемой территории. Благодаря искусству скульптуры город просто показывает свое лицо и истинное предназначение. Помимо монументальной, мемориальной, декоративной функций, парковая скульптура формирует социальное пространство набережной и города в целом, «обеспечивает непрерывность в трансляции эмоционально-значимой информации ранее предшествующей знаковой системы, кодируя данную информацию в пространственных артефактах» [2, с. 103], служит индивидуальной и групповой идентификации. Как можно убедиться, роль парковой скульптуры многогранна, и это способствует более заинтересованному и грамотному восприятию скульптуры в садах и парках. А круглая скульптура становится полноценным и значимым элементом окружающего нас пространства. Известный скульптор Н. В. Томский отмечал: «Искусство скульптуры должно так войти в систему города, чтобы стать „воздухом“, которым бы естественно дышал человек» [3].

Результаты исследования:

1. Исследованы историко-культурные и художественно-стилевые процессы сложения городской среды с участием средств скульптурной пластики.

2. Проведен анализ традиционных и современных видов и жанров городской скульптуры, призванной формировать художественный облик набережной. Составлена жанрово-типологическая группировка различных видов городской скульптуры.

3. Осуществлен системный анализ факторов, способствующих включению скульптуры в контекст среды.

4. Предложена методика концептуального подхода к сложению образа художественной среды набережной, с выявлением роли городской скульптуры.

Основные выводы исследования:

1. Природные и территориальные особенности волгоградской набережной, ее богатое архитектурно-художественное наследие, насущные проблемы общества — все это создает предпосылки для поиска приемов достижения целостного архитектурно-художественного облика этой территории.

2. Роль городской скульптуры, имеющей важнейшее значение в сложении художественного образа центра Волгограда и набережной как основного

его ядра, должна быть осознана на современном проектном уровне архитектурного процесса.

3. Изменения, произошедшие в политике благоустройства территории прибрежной зоны, позволяют надеяться, что трудности, главным образом в сфере финансирования, решаются. Выходом из создавшегося положения могут стать рекомендации по предъявлению обязательств бизнесу, возможно участвующему в освоении прибрежной зоны Волгограда.

4. Новая политика благоустройства волгоградской набережной как исторического центра должна обрести свой художественный контекст: со своей поэтикой, лексикой, с цитатами, не отметающими прошлое, а принимающими его как источник вдохновения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Саенко Н. Р., Шипицин А. И.* Культурно-символическая политика в отношении городской скульптуры // Вопросы культурологии. 2010. № 12. С. 80—85.

2. *Назарова М. П.* Архитектурные памятники и их роль в формировании социального пространства города // Память и памятники: материалы семинара. Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2012. 149 с.

3. *Томский Н. В.* Заметки скульптора. М., 1965.

© Дунин В. Е., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Дунин В. Е. Роль городской скульптуры в формировании художественного образа набережной // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 418—426.

Об авторе:

Дунин В. Е. — Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

V. E. Dunin

Volgograd State Technical University

THE ROLE OF URBAN SCULPTURE IN SHAPING THE ARTISTIC IMAGE OF THE EMBANKMENT

The art of sculpture adorns the space around a person, makes you think about eternal values, introduces you to culture. Being in an urban environment, a person is primarily faced with architectural objects and their decorative design. Sculpture is used as one of the main means of such decoration. It can emphasize city coordinates, serve as a landmark or compositional dominant, highlight individual spaces between them, adjust their scale characteristics, and fix visual connections. Thus, monumental and decorative sculpture has an urban planning function. The study shows that it is possible to raise the question of how the territory of the embankment should be optimally organized by means of sculpture to create its integral image, the sculptural object and the nature of its impact on the viewer are considered, taking the fundamental factors of human attitude to the object of perception: cognition, emotional state, assessment of the variety of types of aesthetic preferences. Consequently, expressive (plot and thematic) lines are revealed, which in the future can become the substantive basis for the architectural and artistic decision of the embankment area as a whole and fragments of the environment that serve as an impetus for a figurative-plastic understanding of the “memory of the place”, which recorded the cultural chain of historical events. This in the future should help in

discovering the “spirit of the place” and the “spirit of the times”. Cultural-style context of the place, or style “code” of the city.

K e y w o r d s: urban sculpture, comfortable environment, decorative function, compositional dominant, social space.

For citation:

Dunin V. E. [The role of urban sculpture in shaping the artistic image of the embankment]. *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], 2022, iss. 3, pp. 418—426.

About author:

V. E. Dunin — Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Academicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation

УДК 7 12.4

Н. В. Иванова, О. А. Ганжа

Волгоградский государственный технический университет

КЛАССИФИКАЦИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ПО ФАКТОРУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ

Исследование охватывает основы строительства зданий с вертикальным озеленением в концепции новых объектов в типологии зданий, технологий зеленого строительства и мероприятий по повышению энергоэффективности зданий. Впервые предлагается классификация высотных зданий по фактору вертикального озеленения, направленного на разрешение социально-экологических проблем урбанизированной среды, формирование эстетического вида композиций панорам, совершенствование биоразнообразия городской набережной. Проведено экспериментальное проектирование вертикального озеленения застройки береговой линии.

Ключевые слова: вертикальное озеленение, классификация высотных зданий, эстетика панорамы застройки.

В мировой практике проектирования, строительства и эксплуатации зданий накоплен опыт классификации высотных зданий по разным факторам (этажности, пожароопасности, конструкциям, материалам и др.), но аспект вертикального озеленения отсутствует. В настоящее время наблюдается повышенный интерес в применении ландшафтных решений вертикального озеленения фасадов зданий, позволяющих снизить расходы на электроэнергию и улучшить состояние окружающей среды.

Совершенствование комфортных условий регионов с резко засушливым климатом, к которым относится Волгоград, становятся важным энергосберегающим мероприятием, в котором активную роль начинает занимать зеленое строительство. В связи с этим важным становится создание классификации высотных зданий по фактору вертикального озеленения.

Цель исследования — разработка основ классификации зданий с вертикальным озеленением в концепции новых объектов в типологии зданий, технологий зеленого строительства и мероприятий по повышению энергоэффективности зданий.

Задачи исследования:

1. Изучение классификаций высотных зданий, применяемых в практики архитектурного проектирования и строительства.
2. Анализ методических основ проектирования высотных зданий с вертикальным озеленением за рубежом и в России.
3. Разработка основ классификации высотных зданий по фактору вертикального озеленения.
4. Экспериментальное проектирование вертикального озеленения в Волгограде.

Практическая и теоретическая база работы по разработке классификации высотных зданий с вертикальным озеленением (функциональное значение, конструктивное решение, высота и размер, стоимость и др.) — исследования, которые можно использовать для различных приложений городского управления и планирования: информация о типе, использовании здания

(жилые дома на одну семью, многоквартирные жилые дома и нежилые здания) является одной из ключевых входных переменных для демографических и социально-экономических моделей [1]; классификация типов зданий в Германии стала поводом к моделированию [2].

Традиционно детально изучается инженерное состояние зданий: конструктивных особенностей при повреждении зданий после стихийных бедствий (установлена классификация четырех видов) [3]; создание акустического комфорта, который необходим во всех помещениях, где люди находятся в течение длительного времени [4]; важным становится потенциал вертикального сада в качестве активного кондиционера с испарительным охлаждением, что показывают результаты полномасштабного строительства вертикального сада (размером 1,5 м в ширину и 2,8 м в высоту) [5].

Системы вертикального озеленения в настоящее время приобретают вид земледелия на фасадах и получают различные социальные, экономические и экологические преимущества. Это подтверждается исследованиями и фактическими реализациями в разных широтах, где различные технологии применяются к жилым, офисным и коммерческим зданиям, достигая значительных уровней производительности [6, 7].

Авторы отмечают положительное отношение жильцов многоэтажек к продуктивным фасадным решениям и фермерству на собственном этаже, которое предпочтительнее, чем на крыше. Производительные фасады вполне удовлетворяют потребности жильцов высотных общественных домов [8].

Учитывая положительные стороны развития высотных зданий с вертикальным озеленением (социально-экологические, архитектурно-строительные, конструктивные, инженерно-технические и др.), основы типологии высотных зданий, классификации типов, их архитектурно-ландшафтные решения требуют детального изучения.

Классификация высотных зданий, применяемая в практике архитектурного проектирования и строительства

Первое высотное строительство сформировалось в конце XIX века, в США, и получило развитие в Европе, Австралии, Африки, Юго-Восточной Азии. Постройки рассматривались как престижные архитектурные проекты и отражали уровень научно-технического процесса, развития технологий в строительстве.

Высотными зданиями в России считают здания высотой более 75 м (более 25 этажей). В других странах под термином «высотное здание» обычно понимают здание высотой 35…100 м, здания выше 100 м (в США и Европе — выше 150 м) считаются небоскребами. Специалисты комитета по застройке высотных зданий CTBUH (Councilon Tall Buildings and Urban Habita — Совет по высотным зданиям и городской среде) полагают, что невозможно дать четкого определения понятию «высотное здание», хотя здание от 14 этажей или высотой около 50 м можно считать высотным [9].

Сложности возведения высотных зданий обусловливаются отсутствием в строительной деятельности единого нормативного документа на постройку высотных зданий (общего регламентированного правила выбора конструктивных решений несущих систем, ограждающих конструкций и материалов для их реализации). В России основным руководством в процессе проектирования высотных зданий является нормативный документ СП 267-1325800-2016» Здания и комплексы высотные. Правила проектирования».

В каждом конкретном случае проектировщик принимает техническое решение в соответствии с требованиями, установленными международными (национальными) стандартами, нормами проектирования или другими документами. В настоящее время установлены следующие типы высотных зданий: многофункциональные и специализированные. В практике строительства наиболее распространены высотные специализированные здания (жилые, гостиничные, административные). При этом возникает необходимость определить четкие критерии деления зданий на указанные типы.

В европейских странах не установлены четкие нормативы, которых придерживаются при застройке. Исключением стала Германия, где разработана классификация многоэтажных зданий. По данной классификации, высотные здания подразделяются на четыре типа: здания, высота которых составляет от двадцати двух до тридцати метров, высота которых составляет от тридцати до шестидесяти метров, здания, высота которых превышает шестьдесят метров, и здания, высота которых превышает двести метров.

Опыт вертикального озеленения зданий в мире и России

Концепцию зеленой архитектуры, или устойчивой архитектуры, авторы видят в стиле зданий, построенных в соответствии с принципами охраны окружающей среды. Ученые отмечают, что зеленая архитектура стремится минимизировать количество ресурсов, потребляемых при строительстве и эксплуатации здания. Методы живой стены могут стать частью устойчивой стратегии города, и зеленые вертикальные поверхности приносят значительную экологическую, социальную и экономическую выгоду для урбанизированных территорий [10].

В современных городах вертикальное озеленение широко применимо для фасадов зданий малоэтажных и средней этажности, а также для высотных зданий и сооружений и их внутренних пространств — атриумов. Приемы озеленения стен зданий и сооружений могут быть различны: сплошное покрытие стены, частичное и акцентное. Выбор приема зависит от решаемой проектной задачи, архитектурного решения здания и экологических условий территории. Для устройства вертикального озеленения применяются различные конструктивно-технологические решения фасадов зданий. В целях принятия оптимального проектного решения используется аналитический метод системного анализа — метод анализа иерархий.

Современные проекты зеленой вертикальной архитектуры реализованы в зарубежных странах, в них используют различные варианты конструктивно-технологических решений фасадов зданий для устройства вертикального озеленения [11].

В России реализация данных проектов, казалось, не осуществима, особенно для высотного строительства. Понятие «вертикальный лес» связано со строительством в 2007 г. дома с полноценными деревьями на разных этажах в г. Милано (Италия) итальянским архитектором Стефано Боэри. Это два экспериментальных дома, которые он назвал Bosco Verticale (в переводе с итальянского это означает «вертикальный лес»). Отличительной особенностью этого явления явилось огромное количество растений в самых неожиданных местах строения (крыши, балконы, внутреннее пространство помещений, входная группа, внутридворовое пространство). В общей сложности размещено 480 деревьев первой и второй величины, 300 деревьев поменьше, а также 15 тыс. многолетних растений и 5 тыс. кустарников.

Первым осуществленным проектом вертикального леса в России готовится стать «Большая Дмитровка IX» (Москва), который представляет жилой комплекс класса deluxe из трех особняков в 700 м от Кремля. Главное здание представляет собой бережно восстановленный дом 1903 г., созданный русским архитектором со шведскими корнями Адольфом Эрихсоном. Это кирпичный особняк в эстетике модерна и с уникальным декором в египетском стиле — стилизованными барельефами и масками фараонов*. В глубине двора за историческим корпусом Engeo возводит два новых здания, они получат названия «Свет» и «Порода»: фасады особняка «Свет» выполнены из архитектурного бетона и латуни, а особняка «Порода» — из вулканического туфа. Лобби — это роскошные парадные галереи, украшенные лепниной, мрамором и декоративными элементами. В проектном решении предусмотрены приватные скверы, созданные под настроение фасадов. Окна особняка «Породы» выходят на тот самый вертикальный лес: стена напротив особняка с апартаментами замаскирована деревьями до самой крыши. Технически на стене будут устроены металлические фермы, в которых высадят зеленые насаждения древесно-кустарниковых пород с видом прямо напротив окон будущих жителей. Учтены суровые климатические условия российской зимы в подборе породного состава древесно-кустарниковых пород. Преимущественно хвойные растения выдержат ровно те температурные условия, что характерны для климатической зоны средней полосы России.

Классификация высотных зданий с вертикальным озеленением

Предложенная классификация высотных зданий, опираясь на традиции архитектурной науки и типологические особенности высотных объектов, может основываться на их функциональном назначении с учетом архитектурно-планировочных и архитектурно-художественных решений, где главенствующую роль занимает вертикальное озеленение. Следовательно, для разработки вопросов типологии высотных зданий прежде всего требуется анализ их функционального состава, классификация помещений, входящих в него, выявление функционально образующих элементов, их размещение в здании, взаимосвязи и взаимовлияние [12—14].

Типология высотных зданий делит их на два основных типа: многофункциональные и специализированные. Специализированными зданиями являются жилые, гостиничные, административные (табл. 1).

Описание характерных типов специализированных комплексов приведено в табл. 2.

Многофункциональные ВГК способны сочетать в себе все помещения и функции, проектируемые в специализированных зданиях. К многофункциональным комплексам следует отнести те, которые имеют два или более функционально-образующих элемента [15].

Создание системы вертикального озеленения в высотных зданиях позволяет решить множество различных прикладных задач [11, 12, 16, 17]:

- поддержание экологического равновесия в помещении: вертикальное озеленение способствует уменьшению концентрации загрязняющих веществ, в частности взвешенных веществ (пыли) в воздухе;

* URL: https://realty.rbc.ru/news/607ec3749a79472f1582c122.

- улучшение микроклиматических показателей: зеленые насаждения способствуют снижению температуры воздуха, поверхности фасада здания;
- создание условий для визуального комфорта: усиление эстетической выразительности архитектурных особенностей зданий за счет «зеленого полотна».

Таблица 1

Типология высотных зданий

Тип здания	Основная отличительная характеристика	Примеры
Специализированные		
Высотные специализированные жилые здания	Квартиры для постоянного, а также временного проживания (апартаменты квартирного типа)	«Эдельвейс» (Москва), «Триумф Палас» (Москва), здание на Котельнический набережной (Москва), «Марина Сити» (Чикаго, США), «Вельска Тауэр» (Милан, Италия) и др.
Высотные специализированные гостиничные здания	Жилые номера разного уровня комфорта	Гостиница «Космос» (Москва), гостиничный комплекс «Измайлово» (Москва), гостиница «Ленинградская» (Москва), «Хесперия Отель» (Барселона, Испания), гостиница «Бурдж аль Араб» (Дубай, ОАЭ) и др.
Высотные специализированные административные здания	Административные помещения, в том числе офисы	Здание НИИ «Дельта» (Москва), «Коммерцбанк» (Франкфурт-на-Майне, Германия), "Нэшнл Коммершиал Бэнк» (Джеда, Саудовская Аравия), здание фирмы «БМВ Хэдвотерс» (Мюнхен, Германия), здание «Крайслер билдинг» (Нью-Йорк, США) и др.
Многофункциональные		
Высотные многофункциональные здания	Все помещения, проектируемые в специализированных зданиях	Москва-Сити: башни «Россия» и «Федерация» (Москва), Дворец бракосочетания (Москва), а также «Алые паруса» (Москва), «Джон Хэнкок Сэнтэр» (Чикаго, США), «Ля Тур Кредит Лионас» (Лион, Франция), «Джин Мао»(Шанхай, Китай) и др.

Таблица 2

Описание характерных типов специализированных комплексов

Тип ВГК	Описание
Специализированные жилые	Включают квартиры для постоянного, а также временного проживания, т. е. апартаменты квартирного типа
Специализированные гостиничные	Включают жилые номера разного уровня комфорта
Специализированные административные	Включают административные помещения, в том числе офисы

Основным фактором в устройстве вертикального озеленения будет являться выбор и применение технологии конструктивно-технологических решений фасадов зданий и подбор породного состава зеленых насаждений (рис.).

Предложение по вертикальному озеленению высотного здания на Центральной набережной, Волгоград, 2022

Выводы

1. Изучение теоретической специальной технической нормативно-справочной литературы по практике классификации высотных зданий показывает, что, наряду с больших опытом возведения высотных объектов, в настоящее время нет единого нормативного документа на постройку высотных зданий.

2. Анализ опыта проектирования зданий с вертикальным озеленением указывает на необходимость расширения типологии зданий и разработку новых типов высотных зданий с вертикальным озеленением.

3. Предложены основы классификации высотных зданий по фактору вертикального озеленения, которые базируются на поддержании экологического равновесия в помещениях, улучшении микроклиматических показателей, создании условий визуального комфорта.

4. Для экспериментального ландшафтного проектирования в Волгограде выбран жилой дом «Волжские паруса», расположенный на береговой линии реки Волги.

Деление зданий на типы, разработка их типологии является основой деятельностью для исследования и создания нормативной базы по их проектированию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Zhenyu Lu, Jungho Im, Jinyoung Rhee.* Building type classification using spatial and landscape attributes derived from LiDAR remote sensing data // Landscape and Urban Planning. 2014. Vol. 130. Pp. 134—148. URL: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.07.005.

2. Classification of Building Types in Germany: A Data-Driven Modeling Approach / A. Bandam, E. Busari, C. Syranidou, J. Linssen, D. Stolten. 2022. Vol. 7. No. 45. URL: https://doi.org/10.3390/data7040045.

3. *Chang Liu, Samad M. E. Sepasgozar, Linlin Ge.* A novel attention-based deep learning method for post-disaster building damage classification // Expert Systems with Applications. 2022. Vol. 202. URL: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117268.

4. *Rocca M., Di Puccio F., Leccese F.* Acoustic comfort requirements and classifications: Buildings vs. yachts // Ocean Engineering. 2022. Vol. 255. URL: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111374.

5. *Davis M. J. M., Ramirez F., Pérez M. E.* More than just a green façade: vertical gardens as active air conditioning units // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. Pp. 1250—1257. URL: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.161.

6. *Tablada A., Kosorić V.* Vertical farming on facades: transforming building skins for urban food security // Rethinking Building Skins. Transformative Technologies and Research Trajectories. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2022. Pp. 285—311. URL: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822477-9.00015-2.

7. *Xiao Ping Song, Hugh T. W., TanPuay Yok Tan*. Assessment of light adequacy for vertical farming in a tropical city // Urban Forestry & Urban Greening. 2018. Vol. 29. Pp. 49—57. URL: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.004.

8. *Kosorić V., Huang H., Tablada A., Lau S.-K.* Survey on the social acceptance of the productive façade concept integrating photovoltaic and farming systems in high-rise public housing blocks in Singapore // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 111. Pp. 197—214. URL: https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.056.

9. *Генералов В. П., Генералова Е. М.* Проблемы классификации высотных жилых зданий // Градостроительство и архитектура. 2011. Т. 1. № 2. С. 12—14. DOI: 10.17673/Vestnik.2011.02.3.

10. *Хуснутдинова А. И., Александрова О. П., Новик А. Н.* Технология вертикального озеленения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12(51). С. 20—32.

11. *Иванова Н. В., Ганжа О. А., Подковыров И. Ю.* Basic methodology in construction of vertical gardening of a building // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2020. Vol. 1614. 10 p. DOI: 10.1088/1742-6596/1614/1/012034.

12. *Иванова Н. В., Ганжа О. А.* Методические подходы в градостроительном проектировании уличных схем в условиях устойчивого развития города // Энергетический менеджмент муниципального транспорта и транспорта (EMMFT 2017), 10—13 апр. 2017 г. : IOP Conf. Сер. : Науки о Земле и окружающей среде. 2017. Т. 90. 6 с. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012130. URL: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/90/1/012130/pdf.

13. *Perini K.* Retrofitting with vegetation recent building heritage applying a design tool — the case study of a school building // Frontiers of Architectural Research. 2013. No. 2. Pp. 267—277. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.foar.2013.06.002.

14. *Иванова Н. В., Ганжа О. А., Прокопенко В. В.* Ландшафтно-экологическая организация визуального каркаса городских гибридных пространств в процессе ревитализации постиндустриального ландшафта набережной Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 54(73). С. 173—186.

15. *Брехов Е. М., Ганжа О. А.* Особенности проектирования высотных градостроительных комплексов на нарушенных городских территориях // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 7—8 дек. 2021 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Гл. ред. О. В. Бурлаченко. Волгоград, 2021. С. 27—34. 1 электрон.-опт. диск (DVD-R).

16. *Растяпина О. А., Ганжа О. А., Бабенко К. В.* Формирование методики оценки качества визуального облика городской среды // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 52(71). С. 188—198.

17. *Ragheb A., El-Shimy H., Ragheb G.* Green architecture: a concept of sustainability // Procedia — Social and Behavioral Sciences. 2016. Vol. 216. Pp. 778—787. URL: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.075.

© Иванова Н. В., Ганжа О. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Ганжа О. А. Классификация высотных зданий по фактору вертикального озеленения // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 427—434.

Об авторах:

Иванова Нина Васильевна — канд. архитектуры, проф., проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ORCID: 0000-0002-2472-1705; ivanovaninav@mail.ru

Ганжа Ольга Александровна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. урбанистики и теории архитектуры, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ganzha_olga@mail.ru

Nina V. Ivanova, Ol'ga A. Ganzha

Volgograd State Technical University

CLASSIFICATION OF HIGH-RISE BUILDINGS BY THE FACTOR OF VERTICAL GREENING

The studies cover the fundamentals of vertical gardening building construction in the concept of developing new objects in the typology of buildings, green building technologies and measures to improve the energy efficiency of buildings. For the first time, a classification of high-rise buildings according to the factor of vertical gardening is proposed, aimed at resolving the social and environmental problems of the urbanized environment, creating an aesthetic view of panorama compositions, and improving the biodiversity of the city embankment. An experimental design of vertical greening of the coastline development has been carried out.

K e y w o r d s: vertical gardening, classification of high-rise buildings, building panorama aesthetics.

For citation:

Ivanova N. V., Ganzha O. A. [Classification of high-rise buildings by the factor of vertical greening]. *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], 2022, iss. 3, pp. 427—434.

About authors:

Nina V. Ivanova — Candidate of Architecture, Professor, Volgograd State Technical University. 1, Academicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2472-1705; ivanovaninav@mail.ru

Ol'ga A. Ganzha — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ganzha_olga@mail.ru

УДК 504.54

Н. В. Иванова, О. Г. Чеснокова

Волгоградский государственный технический университет

АРХИТЕКТУРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО ГРУЗОВОГО ПОРТА

В статье освещаются вопросы градостроительного преобразования промышленных прибрежных территорий на примере архитектурно-экологической актуализации зон бывшего грузового порта в Волгограде. Представлен анализ мировой теории и практики восстановления промышленных ландшафтов речных городов в России и за границей.

Проведено экспериментальное проектирование по совершенствованию экологии города, формированию новых архитектурно-планировочных структур жилой застройки и созданию эстетических городских панорам, открывающихся с Волги.

Ключевые слова: приречные промышленные территории, выходы селитебных районов к акватории, панорамы города.

Проблемы восстановления приречных территорий грузовых портов в Европе и России становятся все более актуальными (поиски новых территорий для селитебных районов города, проектирование современной социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры, обеспечение доступности и безопасности, совершенствование экологии, повышение инвестиционной привлекательности территорий и качества жизни людей). Планировочные структуры промышленных грузовых портов размещаются вдоль берегового фронта, они были сформированы историческими, экономическими условиями развития и характером природного ландшафта (Волгоград, Саратов, Нижний Новгород (Россия), Париж (Франция), Белград (Сербия), Генуя, Неаполь (Италия) и др.). Протяженный фронт промышленной и складской застройки закрывает выходы к акватории селитебных районов, отрицательно воздействует на окружающую среду; повышается транспортная нагрузка на городскую инфраструктуру. Известны также огромные потребности портов в территориях, которые являются самыми ценными прибрежными участками города в социально-экономическом, функционально-планировочном, рекреационном и ландшафтно-композиционном отношении.

Цель данной работы — изучение вопросов градостроительного преобразования промышленных прибрежных территорий на примере архитектурно-экологической актуализации зон бывшего грузового порта в Волгограде.

Задачи исследования:

1. Анализ мировой теории и практики восстановления промышленных ландшафтов речных городов в России и за границей.

2. Исследование изменившихся в связи с пандемией потребностей горожан и выявление новых тенденций в проектировании общественных пространств.

3. Рассмотрение новых аспектов проектирования современных восстановленных участков промышленной застройки грузового порта.

4. Проведение экспериментального проектирования многофункциональной территории бывшего грузового порта с учетом выявленных предпочтений, удовлетворяющих требованиям комфорта и безопасности для Волгограда.

Вопрос изучения основ проектирования комфортной среды на восстановленной промышленной прибрежной территории становится все более обсуждаемым среди ученых и проектировщиков разных стран мира. Это указывает на необходимость проведения новых исследований в области архитектурно-экологической актуализации прибрежных городских зон на примере восстановления территории бывшего грузового порта в Волгограде.

Теоретическая база работы. Исследованиям в области реконструкции и реновации прибрежных пространств посвящено множество работ российских и зарубежных авторов. Тема необходимости переноса и актуальности восстановления прибрежных промышленных территорий рассматривается с разных экологических сторон: определяется интенсивность угрозы загрязнения от береговых промышленных предприятий [1]; выявляется роль реки как ключевого канала для переноса мусора [2]; выявляются источники шума, создаваемого пришвартованными судами, при этом вклад выбросов судов в порту оказывается вдвое больше, чем в городе [3, 4]. Населенные пункты, расположенные рядом с крупными портами, испытывают ухудшение качества воздуха из-за выбросов от дизельного оборудования (грузовики, грузовое и погрузочно-разгрузочное оборудование) [5, 6]. Важными становятся вопросы планировки прибрежных территорий на основе охраны окружающей среды, застройки жилыми зданиями, в том числе и инклюзивными, создания доступной среды [7, 8], формирования рекреации для гостей города [9].

История формирования грузового порта в Сталинграде — Волгограде

Городская набережная, построенная в 1890 г. в Царицыне, стала одной из самых благоустроенных на Волге во время восстановления города после Сталинградской битвы. Ее отличали благоустроенная территория с красивой лестницей и торговыми зданиями, предприятиями общественного питания, транспортными путями, вертикальной планировкой откосов и озеленением всего пространства набережной. Однако рядом с благоустроенным пространством располагались промышленные территории грузового порта, которые сформировались в 40-х гг. прошлого века на берегу реки в Ворошиловском районе Волгограда. Это были непрезентабельные здания промышленного характера, железнодорожные пути, причалы и склады. Наличие отвесной пристани, складских сооружений и железнодорожной грузовой линии не оставляло мест подходов к прибрежной территории (рельеф был сложный, имел овражные склоны, не везде был укреплен). Таким образом, расположение промышленных строений нарушало связи жилой застройки с акваторией реки, закрывало выходы к Волге, что отрицательно влияло на экологическое состояние селитебных зон города. Возникла необходимость переноса промышленно-складских зданий, причалов и планировочного раскрытия водной глади на жилые и общественные зоны.

Анализ современного расположения грузового порта

Территория бывшего грузового порта расположена в Ворошиловском районе, занимает 16 га прибрежной части реки Волги и в настоящее время не используется (рис. 1).

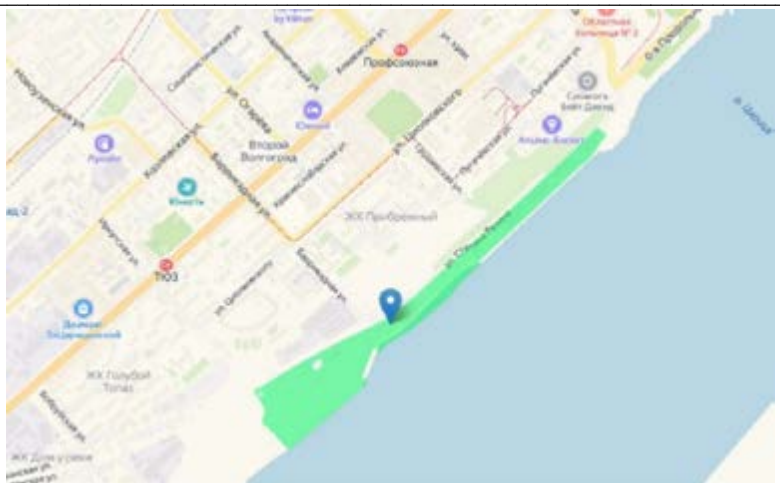


Рис. 1. Ситуационная схема рассматриваемой территории бывшего грузового порта

Это неблагоустроенная и заброшенная территория (покрытия отсутствуют, зеленые насаждения деградировали) [10—12]. Участок грузового порта находится в непосредственной близости от центра района и города, на самом благоприятном и пешеходно и транспортно доступном для жителей и гостей города месте (рис. 2).

Рис. 2. Вид на территорию порта с Волги

Стратегически площадка речной полосы обладает мощным потенциалом для развития общественных пространств района (всего города), являясь продолжением Центральной набережной Волгограда. Исследуемый участок берегового фронта рассматривается как ценный ресурс рекреационной составляющей городского ландшафта, что требует его комплексного освоения. На землях в границах улиц Иркутской, Пугачевской, Калинина и набережной Волги планируется создать новый административно-деловой район города, с жилыми зонами, гостиницами и набережной (отдых и туризм).

Анализ российского и зарубежного опыта проектирования

Основной тенденцией современного градостроительного развития является вынос промышленных площадок за пределы центра города и жилых районов. Прибрежные территории являются ценнейшими в организации рекреационного сектора города, привлекательными как места размещения зон отдыха и развлечения горожан [13, 14]. Восстановление прибрежных территорий поможет стабилизировать экологическое состояние реки, создать благоустроенную, экологически безопасную и комфортную среду для горожан [15]. Экологизация пространства направлена на улучшение биоразнообразия районированных сортов растений и других составляющих будущего природно-архитектурного комплекса [16, 17].

Важным элементом благоустройства должны стать зоны городских событий: скверы, площади, бульвары и аллеи, пешеходные дорожки, места для кафе, площадки для выставок художников и других активностей населения [18—20]; создание максимального расширения коммуникационных функций: парков-биеннале, прогулочных галерей, защищенных от палящего солнца, введение водных объектов (фонтанов, декоративных бассейнов) [21, 22].

Активную роль в восстановлении промышленных прибрежных территорий играет разработка структуры транспортной магистрали вдоль реки, объединяющей систему многофункциональных связей: велодорожки, паркинги, пешеходные и мобильные развязки, водный транспорт. В результате формируется гармоничная городская среда, с оптимально сбалансированными функциями (деловой, жилой, общественной, рекреационной и др.).

Актуальным вопросом является всесторонний учет особенностей береговой линии. Композиции раскрытия новых ландшафтных возможностей, размещение современных высокотехнологичных построек оживляют виды города со стороны реки и из города [23, 24]. Удачна в этом отношении Английская набережная в Ницце (Франция) как пример связи города с зоной активного отдыха.

Одним из современных направлений в проектировании является учет потребностей маломобильного населения, профилирование зон для детей, подростков, пожилых людей [25].

Экспериментальное проектирование

Анализ мировой практики методов восстановления территорий промышленных предприятий позволил выполнить экспериментальное проектирование на территории бывшего грузового порта [26]. Создание социально ориентированной территории береговой линии, объединяющей архитектурные жилые и общественные объекты, малые архитектурные формы, озеленение и водные ресурсы, позволит подчеркнуть природную привлекательность территории и обеспечит жителям непосредственный доступ к водным ресурсам. Расширение благоустроенных и озелененных территорий повысит туристическую привлекательность места, а продление набережной значительно совершенствует облик Ворошиловского района, украсит панораму города, создаст новые экономические доминанты, придаст новый импульс развитию торговых, развлекательных предприятий.

Интеграция прибрежных территорий в активную городскую жизнь — это необходимая составляющая комплексной реконструкции в Волгограде, уси-

ливающая городскую активность в наиболее привлекательных городских пространствах, имеющих непосредственную связь с рекой.

Развитие современной транспортной сети, рокадной дороги позволит максимально приблизить новый кластер набережной к жителям города, улучшить доступность реки. Раскрытие прилегающей застройки к реке, организация видовых точек, как из города на реку, так и с глади реки на город, позволят объединить эти пространства. Приоритетным на территории новой набережной должен стать экологичный транспорт, не создающий дискомфорта для пешеходов и отдыхающих.

Система озеленения должна быть максимально приближена к климатическим условиям засушливого знойного города. Растения должны подбираться с учетом защиты жителей от солнца, притенения мест длительного пребывания. Подбор растений должен быть произведен с учетом их шумо- пыле- и ветрозащитной функции (рис. 3).

Рис. 3. Предложение по формированию социально ориентированной территории Волгограда, 2022 г.

Выводы

1. Анализ мировой теории и практики восстановления промышленных ландшафтов речных городов в России и за границей позволил выявить основные направления проектирования (вынос промышленных объектов с береговой линии, организация визуальных и экологических связей с жилой застройкой и общественными объектами, формирование транспортных связей для организации безопасности и доступности населения, всемерного озеленения и использования малых форм архитектуры, применения экологичных материалов и др.).

2. Исследование изменившихся в связи с пандемией потребности горожан и выявление новых тенденций в проектировании социально-ориентированных пространств (формирование пешеходных дорожек, велосипедных трасс, зон общения на достаточной расстоянии, малых форм архитектуры).

3. Рассмотрение новых аспектов проектирования современных восстановленных участков промышленной застройки грузового порта (отказ от единого крупного центра обслуживания в пользу мелкого дробления этой функции на протяжении всей территории набережной, формирование и повсеместное использования световых и цветовых решений в разных зонах).

4. Было проведено экспериментальное проектирование многофункциональной территории бывшего грузового порта с учетом совершенствования экологических вопросов жилой застройки и состояния реки, выявленных предпочтений, удовлетворяющих требованиям комфорта и безопасности для Волгограда (продолжение развития основной композиционной оси набережной, параллельной берегу реки, формирование дополнительных точек притяжения, видовых акцентов, создание нового символа и образа города).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Xiang Zhao, Qu Zhang, Guizhen He, Lei Zhang, Yonglong Lu.* Delineating pollution threat intensity from onshore industries to coastal wetlands in the Bohai Rim, the Yangtze River Delta, and the Pearl River Delta, China // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 320. P. 128880. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128880.

2. *Cordova M. R., Nurhati I. S.* Spatiotemporal macro debris and microplastic variations linked to domestic waste and textile industry in the supercritical Citarum River, Indonesia // Marine Pollution Bulletin. 2022. Vol. 175. P. 113338. URL: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113338.

3. *Čurović L., Jeram S., Prezelj J.* Impact of COVID-19 on environmental noise emitted from the port // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 756. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144147.

4. *Lingling Xu, Ling Jiao, Jinsheng Chen.* Source identification of $PM_{2.5}$ at a port and an adjacent urban site in a coastal city of China: Impact of ship emissions and port activities // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 634. Pp. 1205—1213. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.087.

5. *Gobbi G. P., Di Liberto L., Barnaba F.* Impact of port emissions on EU — regulated and non-regulated air quality indicators: The case of Civitavecchia (Italy) // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 719. P. 134984. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134984.

6. *Zhu Sh., Mac Kinnon M., Samuelsen S.* Assessment of the greenhouse gas, Episodic air quality and public health benefits of fuel cell electrification of a major port complex // Atmospheric Environment. 2022. Vol. 275. P. 118996. URL: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.118996.

7. *Tianlin Zhai, Jing Wang, Ye Chen.* Assessing ecological risks caused by human activities in rapid urbanization coastal areas: Towards an integrated approach to determining key areas of terrestrial — oceanic ecosystems preservation and restoration // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 708. P. 135153. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135153.

8. *Elsinga J., Hoekstra M., Sedighi B.* Taebi Toward sustainable and inclusive housing: underpinning housing policy as design for values // Sustainability. 2020. Vol. 12. No. 5. Pp. 1—15. DOI: 10.3390/su12051920.

9. *Leka A., Lagarias A., Stratigea A.* Development of a Tourism Carrying Capacity Index (TCCI) for sustainable management of coastal areas in Mediterranean islands — Case study Naxos, Greece // Ocean & Coastal Management. 2022. Vol. 216. P. 105978. URL: https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105978.

10. *Иванова Н. В., Сиренко Н. В.* Социально-пространственная реконструкция ландшафта набережной реки Волги (на примере бывшего грузового порта г. Волгограда) // Великие реки — 2017 : тр. науч. конгр. 19-го Междунар. науч.-пром. Форума : в 3 т. Н. Новгород, 16—19 мая 2017 г. Н. Новгород : Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2017. С. 209—212.

11. *Шагиева Е. В., Баранская Е. А., Чеснокова О. Г.* Проблемы экологии города Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2015. № 39(58). С. 110—118.

12. *Иванова Н. В., Ганжа О. А.* The architectural and ecological features of the underground development of the ravine network in a riverside city (on the example of Volgograd) // Procedia Engineering. Vol. 165 : 15th International scientific conference „Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development“, St. Petersburg, Russia, Sept. 12—15, 2016). Elsevier publishing, 2016. Pp. 1006—1015.

13. *Данильченко В. И., Касьянов В. Ф.* Иностранный и отечественный опыт обустройства строительства и реконструкции городских набережных // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. материалов VI Междунар. науч. конф., Москва, 14—16 нояб. 2018 г. М. : Нац. исслед. Моск. гос. строи. ун-т, 2018. С. 72—76.

14. *Кочанов Д. А.* Современный подход к организации общественных пространств на прибрежных территориях // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. проф.-препод. состава, молодых ученых и студентов, Москва, 2—16 апр. 2018 г. М. : Моск. архитектур. ин-т (гос. акад.), 2018. С. 496—497.

15. *Касьянов В. Ф., Данильченко В. И., Толмачева В. М., Амелин В. Ю.* Реконструкция набережных города Москвы, как важнейший фактор преобразования прибрежных территорий // БСТ: бюллетень строительной техники. 2020. № 4(1028). С. 40—43.

16. *Чернявская Т. А., Ушаков В. В.* Анализ научно-практического опыта по созданию и содержанию системы озеленения городов в засушливых регионах РФ // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. № 1(86). С. 243—253.

17. *Бурмич А. К., Степанова Н. Р.* Реконструкция бетонных набережных с элементами озеленения // Российские регионы в фокусе перемен : сб. докл. XIV Междунар. конф., Екатеринбург, 14—16 нояб. 2019 г. Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2020. С. 87—91.

18. *Иванова Н. В., Ганжа О. А.* The methodological aspect of the landscape and ecological forming of a comfortable environment for the Smart City // MATEC Web of Conferences. Vol. 106 : International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”, St. Petersburg, Russia, Nov. 15—17, 2016 / Ed. by V. Murgul. St. Petersburg, 2016.

19. *Тарасова Л. Г., Парфенова А. К.* Комфортная среда как важный ресурс развития городского сообщества (на примере прибрежных территорий) // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2020. № 1(12). С. 19—25.

20. *Прокопенко В. В., Плешаков И. Н.* Принципы и этапы формирования эколого-градостроительного каркаса Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. № 1(86). С. 218—229.

21. *Черешнев И. В., Черешнева Н. В., Кусков Е. Д.* Формирование комфортной городской среды: к вопросу об оценке проектов благоустройства // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. № 1(86). С. 338—347.

22. *Середина О. М.* Реабилитация городских набережных. Включение неэффективно используемых территорий в жизнь города // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. проф.-препод. состава, молодых ученых и студентов, Москва, 8—12 апр. 2019 г. М. : Моск. архитектур. ин-т (гос. акад.), 2019. С. 582—584.

24. *Иванова Н. В., Ганжа О. А., Прокопенко В. В.* Ландшафтно-экологическая организация визуального каркаса городских гибридных пространств в процессе ревитализации постиндустриального ландшафта набережной Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2018. Вып. 54(73). С. 173—186.

25. *Иванова Н. В., Антонова Н. Н.* Ландшафтные мероприятия при формировании адаптивной среды для маломобильных групп населения в рекреационных пространствах города // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2016. № 46(65). С. 220—230.

26. *Чеснокова О. Г.* Влияние градостроительных пустот на формирование планировочной структуры Волгограда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2005. № 5. С. 228—230.

© Иванова Н. В., Чеснокова О. Г., 2022

Поступила в редакцию
в мае 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Иванова Н. В., Чеснокова О. Г. Архитектурно-экологическая актуализация прибрежных городских ландшафтов на примере восстановления территории бывшего грузового порта // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 435—442.

Об авторах:

Иванова Нина Васильевна — канд. архитектуры, проф., проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ORCID: 0000-0002-2472-1705; ivanovaninav@mail.ru

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

Nina V. Ivanova, Oksana G. Chesnokova

Volgograd State Technical University

ARCHITECTURAL AND ECOLOGICAL ACTUALIZATION OF COASTAL URBAN LANDSCAPES ON THE EXAMPLE OF THE RESTORATION OF THE TERRITORY OF THE FORMER CARGO PORT

The article reveals the issues of urban planning transformation of industrial coastal territories on the example of architectural and environmental actualization of the zones of the former cargo port in the city of Volgograd. The analysis of the world theory and practice of restoration of industrial landscapes of river towns in Russia and abroad is presented. Experimental design was carried out in order to improve the ecology of the city, the formation of new architectural and planning structures of residential development and the creation of aesthetic urban panoramas from the Volga River.

K e y w o r d s: riverine industrial territories, exits of residential areas to the water area, panoramas of the city.

For citation:

Ivanova N. V., Chesnokova O. G. [Architectural and ecological actualization of coastal urban landscapes on the example of the restoration of the territory of the former cargo port]. *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], 2022, iss. 3, pp. 435—442.

About authors:

Nina V. Ivanova — Candidate of Architecture, Professor, Volgograd State Technical University. 1, Academicheskaya st., 400074, Volgograd, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-2472-1705; ivanovaninav@mail.ru

Oksana G. Chesnokova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; oxxxana72@yandex.ru

УДК 711.5: 627.3+72.03 (470.45)

А. Г. Карпенко

Волгоградский государственный технический университет

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ ОБРАЗ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НАБЕРЕЖНОЙ ВОЛГОГРАДА: РЕЧНОЙ ФАСАД ГОРОДА

В данной статье рассматривается формирование речного фасада Волгограда как художественного образа, его визитной карточки. Дан краткий обзор набережной, проведен анализ исторического формирования города, прослежен путь организации его инфраструктуры, в значительной степени формирующей набережную. В сравнительном аспекте проанализирован процесс изменения архитектурного облика Центральной набережной города, перечислены основные факторы, которые определили формирование набережной, что помогает понять, почему эти пространства сформировались именно таким образом. Выявлены ключевые территории, определяющие речной фасад города, и выдвинуты задачи, связанные с положительным влиянием благоустройства города на создание целесообразных и благоприятных условий жизни городского населения.

Ключевые слова: речной фасад города, художественный образ, прибрежные территории.

Архитектура всегда находится в окружении пейзажа, т. е. всегда в реальном мире природы — неба, земли, деревьев. «Человек — продукт природы, и он по-своему организует природу; он действует в соответствии с ее законами, он как бы читает эти законы, человек сформулировал их и создал стройную систему, основанную на рациональном знании. Опираясь на эту систему, он действует, изобретает, производит» [1]. Академик архитектуры И. Жолтовский говорил и писал о необходимости изучения красоты природы, законов этой красоты и применения их в области архитектуры.

В Волгограде и Волгоградской области есть красивые места, являющиеся образцами гармонии природы и архитектуры, и одно из таких мест — Центральная набережная, общественное пространство.

Центральная набережная Волгограда, состоящая из двух террас (нижняя выходит прямо к Волге, а верхняя расположена недалеко от жилых массивов и парков), является самым известным и популярным местом отдыха волгоградцев, а также гостей города. Эту территорию можно считать одним из лучших парков города. Здесь проходят важные для города праздники, концерты, конкурсы и другие мероприятия.

История волгоградской набережной восходит к началу 19 века, когда стало развиваться волжское судоходство, появились первые набережные с построенными складами на берегу.

Важной природной чертой городского пространства Царицына являлась его тесная связь с Волгой, постоянная ориентированность к реке, а на состав социокультурного пространства Царицына, кроме этого, оказывали влияние городской рельеф и своеобразный степной климат [2] (рис. 1).

Свое отражение со стороны реки вид Царицына нашел в изобразительных свидетельствах того исторического периода, ведь речное сообщение в конце 19 — начале 20 века было очень развито, именно на конец 19 века

приходится наибольшее количество описаний облика города со стороны реки Волги, где обращалось особое внимание на его живописное расположение (рис. 2).

Рис. 1. Склон набережной Царицына. На склоне видны церкви, образующие церковный ансамбль: Успенская, Троицкая, Иоанно-Предтеченская. Фото датируется 1882 г.[1]

Рис. 2. Вид на центральную часть Царицына с Волги. Начало XIX века, набережная оставалась неблагоустроенной[2]

Царицынский порт в дореволюционное время в России одним из первых перевозил не только металл, но и уголь, лес, а также рыбу и бахчи. А на берегу реки кипела активность: зимой крестьяне привозили сено, ледяные глыбы, ездили водовозы, летом занимались торговлей (рис. 3).

[1] URL: https://volfoto.ru.
[2] Там же.

Рис. 3. Набережная Волги в Царицыне[3]

Царицын рос и застраивался, но без продуманной планировки. А по самой Волге тянулись целые караваны с лесом и дровами, беляны — широкие баржи. Буксиры с трудом тащили наливные суда Нобеля с мазутом и керосином.

Так как Царицын лежал на пересечении многочисленных торговых путей и набережная являлась речным фасадом города — его лицом, то назрел вопрос о необходимости ее благоустройства.

В начале 20 века была предпринята попытка украсить верхнюю террасу: построена деревянная лестница, ведущая к пристаням, посажены акации и облагорожены пологие склоны (рис. 4, 5). Но она не увенчалась успехом, поскольку почти полностью разрушилась в результате оползня в 1913 г.

Рис. 4. Лестницы Царицынской набережной[4]

[3] Там же.
[4] Там же.

Вот как описывается образ набережной Царицына в 1911 г. в путеводителе «Волга»: «Подъезжая к Царицыну, вы прежде всего замечаете грандиозные здания сталелитейного завода французской компании, затем Нобелевский нефтяной городок и, наконец, самый город. Пароход стоит здесь долго, и вы успеете осмотреть все подробно. Но как мало зелени, какая страшная пыль! Царицын имеет более 60 тыс. жителей и быстро разрастается. Недавно еще похожий на большую деревню, теперь он принял вид значительного города. Раньше сильно подмывавшаяся рекой набережная, теперь прекрасно укреплена и по своей солидности и виду одна из лучших на Волге» [3].

После событий 1917 г., по одним источникам, набережную стали называть именем Степана Разина, по другим, ее называли «Красные Зори» [4]. В середине 1930-х гг. набережная Волги, а также центральная часть города являли собой печальное зрелище: разнородные избы и покосившиеся строения, мусор, склоны оврагов — весь этот вид не приносил радости.

Благодаря реконструкции центральная набережная из грузового порта превратилась в парк отдыха и предстала в новом свете. Отрезок набережной от реки Царицы до водокачки приобрел аккуратный вид, и Сталинградская набережная стала считаться лучшей в Поволжье среди подобных сооружений, при этом сплошной проезд по всему участку был заасфальтирован, снесены склады и разрушены три собора. Первые проекты речного пассажирского вокзала, появившиеся в эти годы, не смогли воплотиться в жизнь в связи начавшейся Великой Отечественной войной.

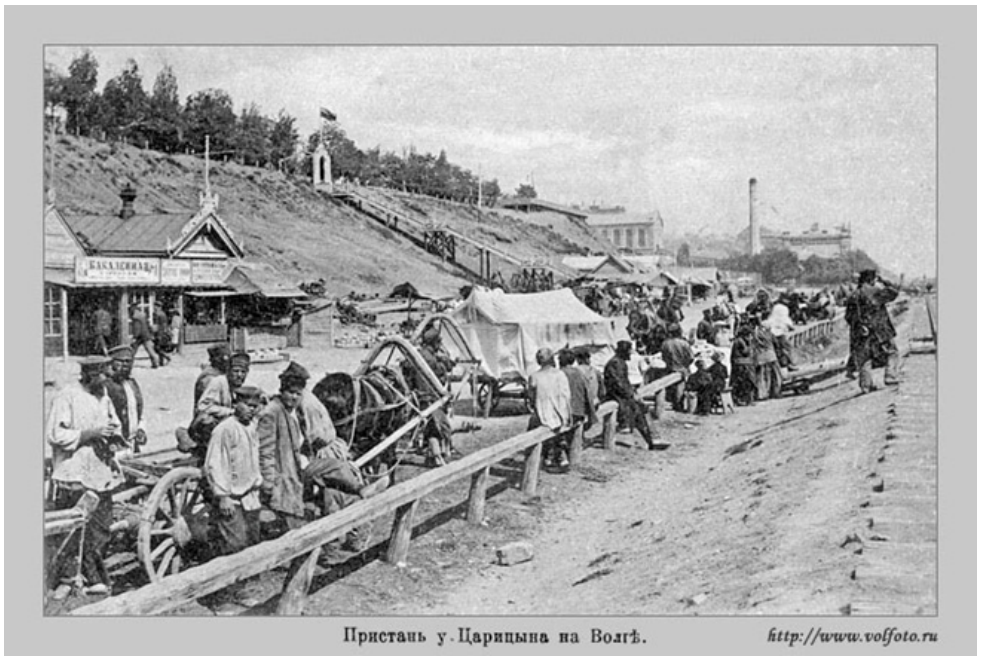


Рис. 5. Центральный склон набережной Царицына[5]

[5] Там же.

В пояснительной записке к плану застройки Сталинграда, составленной в 1943 г. Академией архитектуры СССР под руководством академика К. С. Алабяна, в числе прочих, во втором абзаце дается анализ «основных архитектурно-градостроительных недостатков существующего города»: «Несмотря на то, что город расположен вдоль берега Волги, но фактически он отрезан от нее железнодорожной веткой и не имеет хорошей набережной, присущей для города у реки». По словам заслуженного архитектора России Александра Вязьмина, Центральная набережная и сегодня остается ансамблем мирового уровня, и была бы еще более уникальной, если бы продолжился первый этап работ, начатый в 1943 г., когда город лежал в руинах после битвы в Сталинграде[6]. В годы Второй мировой войны набережную Сталинграда защищали бойцы 62-й армии, в их честь она получила новое название. Полная реконструкция Центральной набережной, разрушенной военными действиями, началась после войны. С 1952 по 1954 г. набережную отстраивали заново, возвели монументальную лестницу, восстановили фасады и дополнили новыми архитектурными элементами, построили деревянный павильон (рис. 6) в качестве речного вокзала, который сгорел в 1964 г.

Новый проект по разработке архитектурно-пространственной среды набережной Сталинграда создавался группой архитекторов под руководством главного архитектора того периода В. Н. Симбирцева, который рассматривал проводимые работы по реконструкции набережной в качестве важной части реконструкции как центра, так и всего города.

Рис. 6. Центральная набережная Сталинграда. Вид на новый речной павильон[7]

[6] Архитектор Вязьмин: набережная Волгограда нуждается в благоустройстве, а не в капитальных сооружениях URL: https://v102.ru/news/35281.html.

[7] URL: https://volfoto.ru.

Набережная по проекту представлялась как парадный вход в город, его речной фасад, с которого должно начинаться знакомство с другими местами города-героя, а также его достопримечательностями. Если посмотреть на панораму центра города с парадной лестницы с Волги, то можно обратить внимание, что застройка целостная и гармоничная, чувствуется единый план. «План определяет творческую программу. Где нет плана, там беспорядок, царит произвол. В плане заключена сущность творческого ощущения», — писал Ле Корбюзье в своих тезисах «Три напоминания архитекторам» [1, 7]. Это начало — середина 1950-х гг., и это не Волгоград, а именно Сталинград, только послевоенный.

На верхней террасе набережной располагается линейный парк, названный Парком Победы, основной постройкой этой части является центральная, парадная лестница с симметричными восьмиколонными пропилеями в дорическом ордере — воротами в город. Она соединяет уровни верхней и нижней террасы.

На нижней террасе находится пристань и речной порт с ежедневно прибывающими круизными судами, а также пассажирскими катерами, обеспечивающими пригородное движение по Волге. Между нижней и верхней террасами набережной построена ротонда по отреставрированным дореволюционным проектам — круглое в плане здание, окруженное колоннами, перекрытое куполом. Во многих приволжских городах на набережной возводились такие ротонды. Волгоградская набережная в том варианте, в котором она сейчас существует, занесена во все учебники по архитектуре как набережная, воплощающая лучшие архитектурные решения, таково и мнение Александра Вязьмина, заслуженного архитектора России[8].

Все, что нас окружает, оказывает воздействие на наше восприятие, поведение и мышление. Среда, в которой живут люди, является одним из важнейших факторов, формирующих мировоззрение и многие нормы поведения. Поскольку мы проводим жизнь прежде всего в среде, созданной руками человека, она и формирует личность человека и наши эстетические вкусы. Архитектурный образ сам по себе обязан иметь огромную силу эстетического воздействия, необычайную возможность волновать человека и формировать его настроение, при этом образ здания или ансамбля должен рассказывать о наших эстетических вкусах не меньше, чем, например, картина или объект дизайна [5]. Вопросы о духовной сущности человека, его нравственных и эстетических критериях являются основой мироздания, и это закладывает фундамент для будущих поколений. Потребность в красоте, положительных эмоциях, переживаниях стимулирует людей в творчестве, при этом воспитательная функция является основополагающей и она гораздо шире.

Художественный образ Центральной набережной — символ победы и возрождения Сталинграда — Волгограда, символ бережно хранимой памяти о тех, кто оставил нам все это в наследство, прекрасный образец архитектуры советского классицизма. Набережная имеет свою историю, и объектов, которые несут эту историю, довольно много. Это памятник речникам, колоннада, ротонда и террасы, памятник Петру Первому и святым Петру и Февронии, фонтан «Дружба народов» и многие другие памятные места (рис. 7).

[8] Архитектор Вязьмин: набережная Волгограда нуждается в благоустройстве, а не в капитальных сооружениях URL: https://v102.ru/news/35281.html.

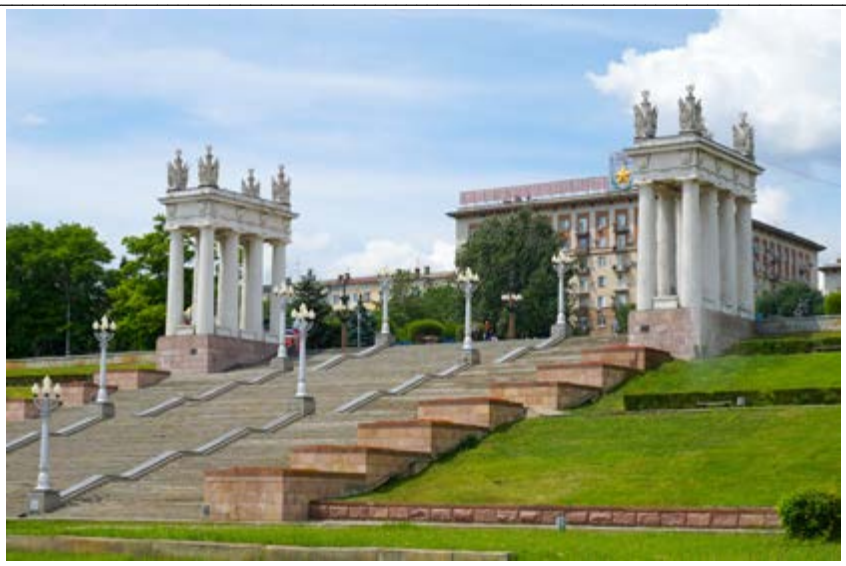


Рис. 7. Центральная набережная, Волгоград[9]

Художественный образ — это сложный и целостный мир идей, различных ассоциаций, оттенков настроений и чувств. Поэтому раскрыть художественный образ в архитектуре — значит проникнуть в многообразие жизненных, художественных идей, целостности строений архитектурного произведения во всей его сложности.

Художественный образ — это образ мыслей и чувств художника, отражающий и выражающий реальность, универсальная категория художественного творчества, способ понимания и развития мировоззрения того или иного идеала, художественно специфическая форма создания предметов эстетического воздействия.

Одна из целей архитектуры как формы искусства — вызвать определенное эмоциональное отношение, произвести впечатление. Какие разные чувства способны пробуждать в человеке архитектурные сооружения: одни вызывают восторг и удивление, другие — умиротворение и покой. Искусство всегда несет в себе нравственные ценности для будущего человечества, и оно является незаменимым средством осмысления моральных проблем, нравственного воспитания, духовного развития, возбуждает силу образного творчества [5].

Особенность художественного образа в архитектуре во многом определяется его связью с окружающей природой. Когда проходишь мимо прекрасных мест, то эту удивительную красоту хочется запечатлеть на бумаге или полотне. Ведь каждый день несет в себе новое, неповторимое, гармоничное состояние, кажется, что эту неповторимую красоту больше никогда не увидишь, теряется что-то необычайно ценное. Эту гармонию красок природы надо увидеть так, чтобы захватило дух, и образно передать это чувство другим.

Открытость к Волге изначально заложена в идею архитектурного ансамбля Сталинграда, а центральная набережная фасадом города с реки во все

[9] URL: https://topparki.ru/naberezhnaja-62-j-armii-v-volgograde-centralnaja-naberezhnaja.

времена воспринималась жителями города как неотъемлемая часть их жизни. Отношения с Волгой у горожан очень близкие, «тактильные», река трактуется как источник наслаждения, украшение города и труженица. Волга видится образной осью, на которую нанизываются сооружения, памятники, предприятия (рис. 8) [6].

Рис. 8. Н. Д. Пирогова. Волга. 1962. Бумага, линогравюра. 42 × 74. ВМИИ [6]

Подводя итог, хотелось бы отметить, что архитектор работает в пространстве, и любое пространство уже организовано природой, и эта организация прекрасна. Перед архитектором стоит задача это пространство обогатить и развить, не переделывая кардинально. Только в гармонии между архитектурой и природой, породившей самого человека и его культуру, мыслится дальнейший путь развития строительной деятельности человечества на земле [5].

Одна из функций набережной — визитная карточка города, место, где горожане и гости города проводят свободное время, от ее красоты будет зависеть дальнейшее позиционирование города как туристического центра. Развитие Волгограда как экономического и туристического центра Юга России обусловливает необходимость комплексного развития этой территории, не нарушая целостного образа архитектурного комплекса города-героя, ведь это рекреационная зона для жителей и гостей города, имеющая большое социальное и культурное значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ле Корбюзье.* Архитектура XX века / Пер. с фр. М. : Прогресс, 1977. 304 с.

2. *Горбунова А. Н.* Роль визуальных источников в формировании представления о социокультурном облике провинциального уездного города (на примере Царицына 1867—1925 гг.). URL: https://ist-konkurs.ru/raboty/2011/1360-rol-vizualnykh-istochnikov-v-formirovanii-predstavleniya-o-sotsiokulturnom-oblike-provintsialnogo-uezdnogo-goroda-na-primere-tsaritsyna-1867-1925-gg.

3. *Лепешинская А., Добрынин Б.* Волга. М., 1911. 280 с. URL: http://aonb.astranet.ru/kk/col19.html.

4. *Шкода Р.* Набережная Сталинграда. Второе рождение. URL: http://xn--80aqpk2ad9a.xn--p1ai/2014/03/326-naberezhnaya.html.

5. *Карпенко А. Г., Потокина Т. М.* Актуальные проблемы эстетики в архитектуре // Изв. Ереван. гос. ун-та архитектуры и стр-ва. 2011. Т. 2. № S24. С. 70—72.

6. *Малкова О. П.* Вопросы эволюции образа Сталинграда — Волгограда в изобразительном искусстве 1940—2020 годов // Искусство Евразии. 2020. № 4(19). С. 84—101. URL: https://doi.org/10.46748/ARTEURAS.2020.04.007.

7. *Von Moos S.* Le Corbusier: elements of synthesis. Rotterdam : 010 Publishers, 2009. 367 p.

© Карпенко А. Г., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Карпенко А. Г. Художественный образ Центральной набережной Волгограда: речной фасад города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 443—451.

Об авторе:

Карпенко Анна Геннадиевна — доц. каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, karpenko.61@mail.ru

Anna G. Karpenko

Volgograd State Technical University

ARTISTIC IMAGE OF THE CENTRAL EMBANKMENT OF VOLGOGRAD: THE RIVER FACADE OF THE CITY

This article discusses the formation of the river facade of the city of Volgograd as an artistic image, its business card. At the beginning of the article, a brief overview of the embankment is given, an analysis of the historical formation of the city, the way of organizing its infrastructure to a large extent forms the embankment. In a comparative analysis, the process of changing the architectural appearance of the Central Embankment of the city is considered, the main factors that determined the formation of the embankment are analyzed, which helps to understand why these spaces were formed in this way. The key areas that determine the river facade of the city are identified and tasks are put forward on the positive impact of the improvement of the city on the expedient and favorable living conditions of the urban population.

K e y w o r d s: river facade of the city, artistic image, coastal areas.

For citation:

Karpenko A. G. [Artistic image of the Central Embankment of Volgograd: the river facade of the city]. *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], 2022, iss. 3, pp. 443—451.

About author:

Anna G. Karpenko — Docent of Design and Monumental and Ornamental Art Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; karpenko.61@mail.ru

УДК 712(470.45+57)

Ю. Б. Колышев

Волгоградский государственный технический университет

ПОТЕНЦИАЛ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНА ПРИРОДНОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДА

В статье рассматриваются актуальные вопросы развития ландшафтной среды Волгограда в контексте организации пространственной среды прибрежной зоны реки Волги. Одним из ключевых аспектов данных модификаций является активизация патриотизма населения, реализующаяся в формировании активной жизненной позиции и участии в различных проектах по благоустройству прибрежных территорий. Исследования и учет исторических традиций города оказывают непосредственное влияние на эффективность реализации проектов развития его прибрежной зоны.

Ключевые слова: дизайнер, городская ландшафтная среда, прибрежная зона, благоустройство, проект, население, патриотизм.

Введение

Архитектор, дизайнер, создавая новое, постигает красоту, открывает и видит ее в окружающей жизни — в природе, в быту человека и в искусстве. Творческие проекты, реализуемые архитекторами и дизайнерами, предполагают как классические традиционные решения, так и авангардные [1]. Сложившийся потенциал ландшафтного дизайна прибрежной зоны Волгограда способствует профессиональной направленности модификации городской среды, а именно:

- поисковая творческая деятельность при освоении природных прибрежных зон должна учитывать характерные ценности ландшафта каждого района Волгограда;
- природная красота прибрежных зон города и исторические достопримечательности неразрывно формируют композиционное единство;
- важность создания благоприятных условий для ознакомления с широким спектром достопримечательностей и культурного наследия Царицына — Сталинграда — Волгограда (рис. 1—9);
- реализация цифрового интерактивного информационного сопровождения проектов и объектов модификации городской среды и, в частности прибрежной зоны города;
- обязательный учет и реализация аспекта доступности объектов модификации прибрежной зоны города для различных групп населения и гостей города.

Основная часть

Значение воплощенных и планируемых преобразований прибрежной зоны Волгограда. Город развивается благодаря новым дизайнерским решениям, направленным на формирование эстетических и чувственных интересов жителей города с учетом перспектив его развития [2]. Дизайнерский подход к благоустройству прибрежной зоны рассчитан не только на восприятие внешней среды, но и на формирование активной жизненной позиции жителей города по отношению к социальным и экологическим проблемам родного края. Программы развития и реализация на практике различных дизайнерских проектов должны создавать целостную картину окружающей городской среды и

ее прибрежной зоны, что создаст условия и позволит жителям и гостям города реализовать свои интересы в рамках эффективно организованного и доступного городского пространства [3].

Рис. 1. Крепость Царицын, 1589 г.

Рис. 2. Вид с левого берега Волги

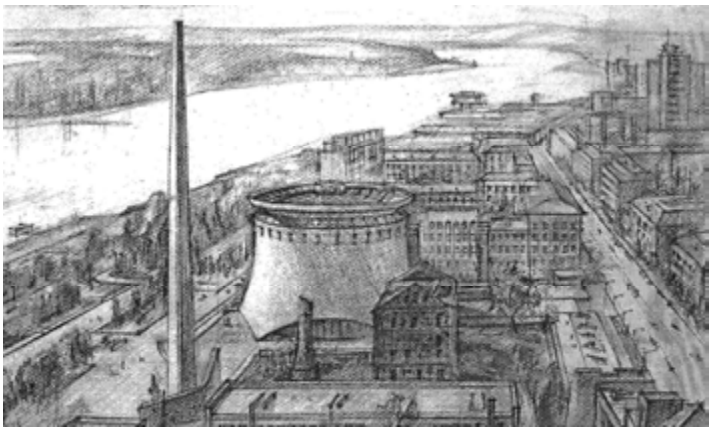


Рис. 3. Вид с правого берега Волги

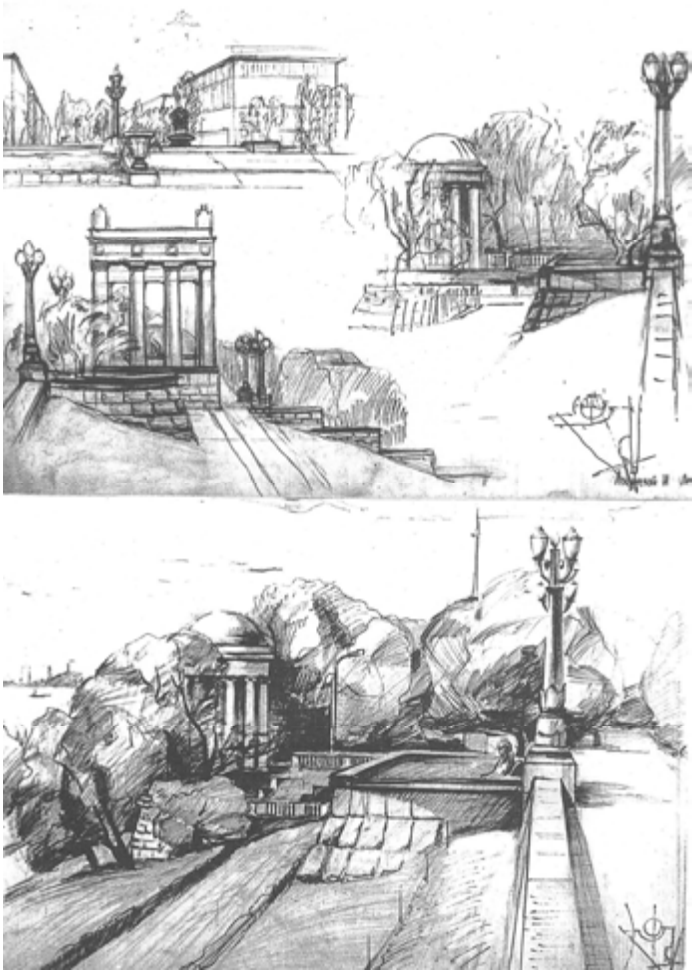


Рис. 4. Благоустройство набережной Волгограда

Рис. 5. Набережная Волгограда. Зона отдыха

Программа модификации прибрежной зоны Волгограда. Приоритетом программ проектов благоустройства территорий региона Нижнего Поволжья и среды прибрежных зон жизнедеятельности населения стал обязательный учет характера процессов взаимодействия человека и окружающей среды, а также вероятности оказания негативного воздействия на экологию. Важно предусмотреть и реализовать возможности сохранения природных и культурно-исторических памятников региона, при этом обеспечив перспективы эффективного развития территорий и прибрежной зоны города [4]. В этих условиях необходимо подчеркнуть важность обладания нравственностью, патриотизмом и профессиональным подходом к организации процессов сохранения культурно-исторических объектов и промышленных дизайнерских конструкций на территории региона и, конечно, развития культуры отношений к традициям и обычаям народов различных национальностей, населяющих территории между Волгой и Доном [5].

Новизна решаемой задачи благоустройства прибрежной зоны Волгограда. Перспективные проектные разработки дизайнеров по благоустройству прибрежной зоны важно активно рекламировать и содействовать их активному продвижению на выставках и конкурсах различных уровней и, конечно, привлекать к данным процессам будущих архитекторов и дизайнеров, активизируя вузовскую науку и реализуемые исследования в данном контексте [6]. Поощрение сознательности и самостоятельности авторов научных исследований и инновационных проектов, с учетом их продвижения в условиях конкурентной борьбы, будет способствовать эффективному решению задач развития благоустройства территорий прибрежной зоны города [7, 8].

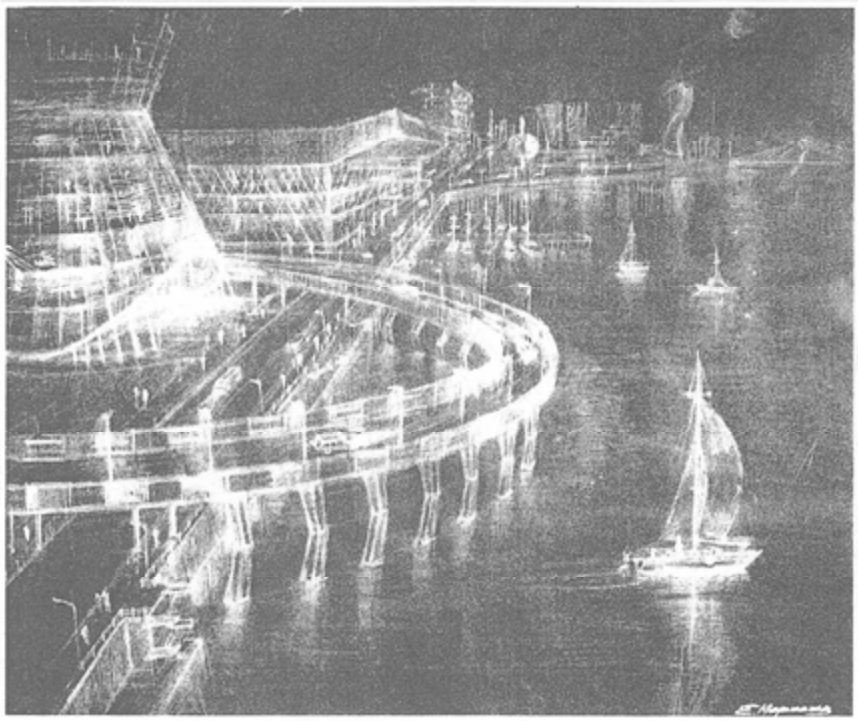


Рис. 6. Архитектурная фантазия развития прибрежной зоны Волгограда

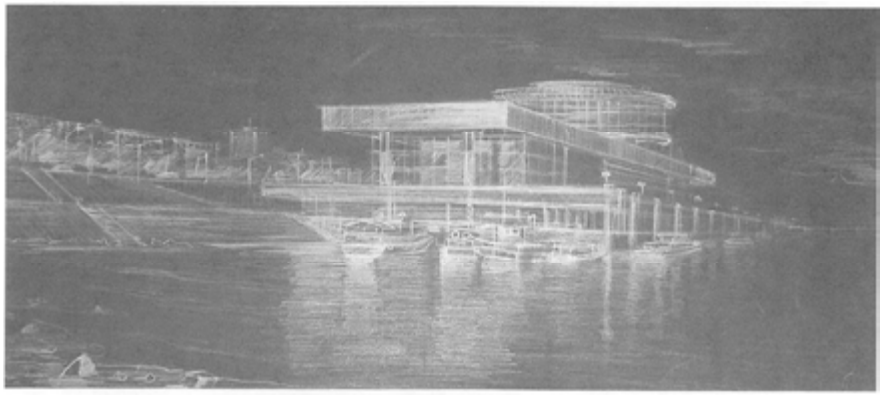


Рис. 7. Речной вокзал Волгограда

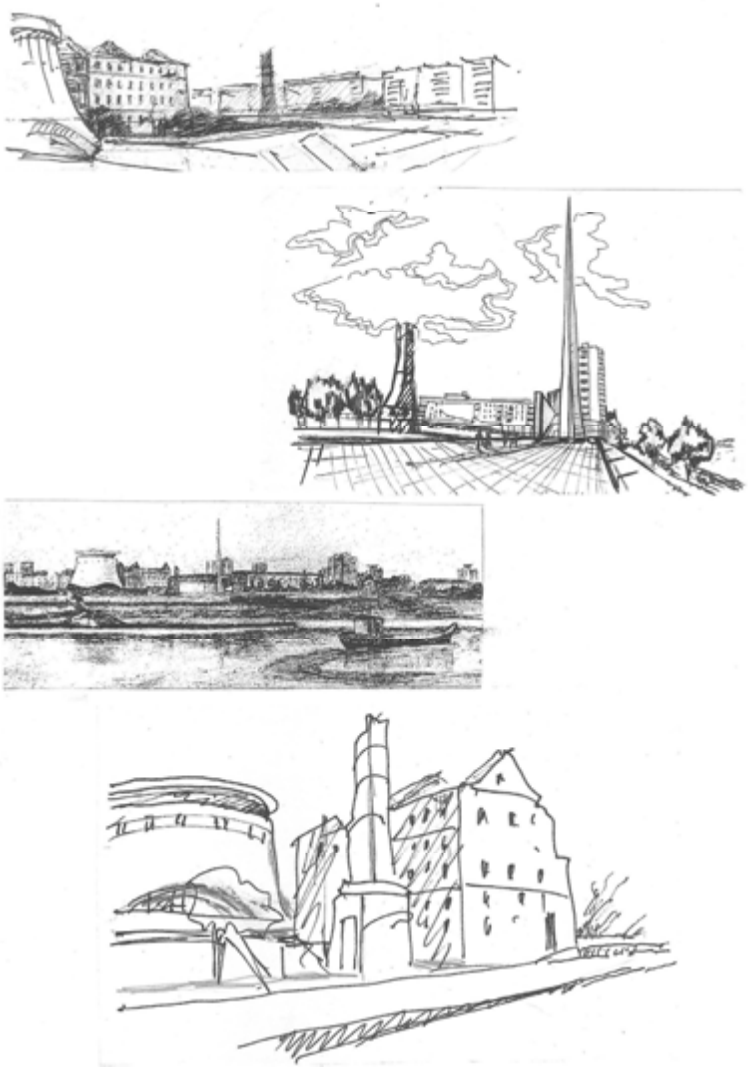


Рис. 8. Музей-панорама «Сталинградская битва», Волгоград

Рис. 9. Течет Волга

Заключение

Подводя итоги, важно отметить, что рост патриотизма населения Российской Федерацией в современных условиях развития технологического суверенитета становится базовым элементом процессов модификации территорий региона Нижнего Поволжья и среды прибрежных зон. Формирующаяся активная жизненная позиция населения проявляется в практическом содействии эстетическому благоустройству прибрежных зон города. Заинтересованное участие жителей в обозначенных программах и проектах создаст дополнительные возможности для их перспективного саморазвития и реализации своих интересов. Развитие вузовской науки и научных исследований, а также учебного процесса подготовки будущих архитекторов и дизайнеров становится гарантией инновационного развития территорий и пространственных сред Волгограда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Новикова Л. И.* Эстетика и техника: альтернатива или интеграция? М. : Политиздат, 1976.

2. *Гидион З.* Пространство, время, архитектура / Сокр. пер. с нем. М. В. Леонене, И. Л. Черня. 3-е изд. М. : Стройиздат, 1984. 455 с.

3. *Соняк В. М.* Архитектурное пространство. Архитектурный рисунок // Междунар. конф. Екатеринбург, 2005. С. 69.

4. *Жилкина З. В.* Рисунок, развивающий архитектурное мышление : учеб. пособие. М. : МАрхИ, 2012. 137 с.

5. *Федоров М. В.* Рисунок и перспектива. М. : Искусство, 1960. 131 с.

6. *Феллуз Р. А.* Взаимосвязь между художественным рисунком, абстракцией и архитектурным чертежом // Междунар. конф. Екатеринбург, 2001.

7. *Колышев Ю. Б., Колышева Г. В.* Решение проблем взаимосвязей довузовского и вузовского этапов обучения архитектурному рисунку // Новые идеи нового века : материалы 15-й Междунар. конф. : в 3 т. Т. 2. Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2015. С. 382—384.

8. *Колышев Ю. Б., Матовников С. А.* Методика довузовской подготовки по рисунку с архитектурной направленностью : учеб. пособие. Волгоград, 2004. 96 с.

© Колышев Ю. Б., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Колышев Ю. Б. Потенциал ландшафтного дизайна природной зоны Волгограда // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 452—458.

Об авторе:

Колышев Юрий Богданович — проф., проф. каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; tango7412@gmail.com

Yurii B. Kolyshev

Volgograd State Technical University

THE POTENTIAL OF LANDSCAPE DESIGN OF THE NATURAL ZONE OF THE CITY OF VOLGOGRAD

The article deals with topical issues of the development of the landscape environment of Volgograd in the context of the organization of the spatial environment of the coastal zone of the Volga River. One of the key aspects of these modifications is the activation of the patriotism of the population, which is realized in the formation of an active life position and participation in various projects for the improvement of coastal territories. Research and consideration of the historical traditions of the city have a direct impact on the effectiveness of the implementation of projects for the development of its coastal zone.

K e y w o r d s: designer, urban landscape environment, coastal zone, landscaping, project, population, patriotism.

For citation:

Kolyshev Yu. B. [The potential of landscape design of the natural zone of the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 452—458.

About author:

Yurii B. Kolyshev — Professor, Professor of Design and Monumental and Ornamental Art Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; tango7412@gmail.com

УДК 711.4

И. В. Кукина

Сибирский федеральный университет
Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ) — филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»

АРХИТЕКТУРА ВОДНОГО ФРОНТА КАК ИНТЕГРАЦИЯ СТИХИЙ (СРЕД) ГОРОДА

Исследование выполнено в рамках плана фундаментальных исследований Минстроя России и РААСН, тема 1.1.62 «Фундаментальные основы архитектурной регламентации преобразования среды жизнедеятельности»

Статья посвящена анализу архитектурно-градостроительных концепций проектов реконструкции и реновации прибрежных территорий, а также некоторых терминов, отражающих изменения профессиональных ориентиров. Рассмотрены две группы архитектурно-градостроительных проектных концепций реновации прибрежных территорий: как ценностно-историческая территория в новом качестве современного города и как река, объединяющая группы городов в силу культурно-промышленных особенностей региона. Отдельное внимание уделено сосуществованию различных форм жизни.

Ключевые слова: водный фронт, набережная, архитектура, градостроительные стратегии и концепции.

В настоящее время в практике градостроительства в отношении территорий, разделяющих застройку города и реку, наиболее часто используется термин «набережная», реже — «прибрежная зона». В зарубежной практике чаще используется термин «водный фронт» (waterfront), и подавляющее количество проектов рассматривают именно этот объект, в отличие от набережной[1]. Сравнивая содержание проектов «контакта» водной стихии и города, можно заметить очень разное сущностное и архитектурное понимание содержания таких территорий [1]. Следует также обратить внимание на те роли, которые назначаются проектировщиками для реки в XXI веке.

Появление прибрежной зоны в структуре города как зоны локального влияния реки на город связано с периодом интенсивного роста урбанизации и промышленного производства на рубеже XIX—XX веков. В этот период складываются промышленные, крупные складские и транспортные зоны, прибрежная зона служит барьером, препятствующим взаимодействию города и реки (жилых территорий города и реки). Формируется территориальный барьер с неупорядоченной пространственно-планировочной структурой. Основными элементами стали отдельные промпредприятия, железнодорожные линии, коммунально-складские предприятия и территории и др. В начале XX века, в эпоху становления теории градостроительства Милютин формулирует город «наоборот» за счет распределения функциональных зон от промышленных до рекреационных прибрежных, тем самым предвосхищая значимость прибрежных территорий. В настоящее время санирующее и эстетическое значение реки в структуре города проявляется в формировании

[1] *Cooper, Robertson & Partners.* Cities to Gardens // Images Publishing Group Pty. Australia : Mulgrave, 2007. 276 p.

набережных как развитой системы ее взаимосвязанных элементов — специализированных рекреационных, спортивно-оздоровительных, социально-культурных центров, посредством которых реализуется контактная функция прибрежной зоны[2].

В современной отечественной градостроительной практике априори рассматривается живительное влияние реки на среду города, рекреационные возможности или же состояние ее вод как источника пресной воды, необходимой для существования человека. Как показывает анализ проектов, направленных на создание комфортной среды в современных городах России в рамках национальных программ[3], практически для каждого города разработаны и внедряются проекты благоустройства набережных[4] [2]. Постепенно далеко в прошлое уходят первостепенные значения реки как транспортной магистрали, единственного источника энергии для заводов и фабрик, территорий промпредприятий и коммунально-складских зон [3, 4]. В подавляющем большинстве проекты создания городского комфорта больше ориентированы на ликвидацию устаревших предприятий, нового жилищного строительства с организацией набережной общего пользования, как минимум с пешеходными связями с прилегающими городскими территориями. Берега рек для этих целей укрепляются, рекультивируются, озеленяются, в целом, безусловно, добавляют городу, что называется, более здоровую атмосферу в санитарно-гигиеническом качестве. Часто стоит задача заново воссоздать утраченные естественные режимы рек. Наиболее интересны те решения, которые в яркой, понятной архитектурной форме воплотили все указанные сложнейшие задачи, придавая современную неповторимость городу и материальное воплощение его истории [5].

Вместе с тем, набережные по праву можно и нужно считать крупными территориальными объектами, рассматриваемыми как элементы стратегий устойчивого развития населенных пунктов и комплексного развития территорий. В данной связи, конечно же, не только прибрежные территории становятся объектами стратегического развития городов, но и роль рек осознается заново. Анализ архитектурно-градостроительных проектных решений показал, что их условно можно разделить на две группы: ценностно-историческая территория в новом качестве современного города и река, объединяющая группы городов в силу культурно-промышленной особенности региона.

Ряд стратегических проектов развития агломераций и крупнейших городов свидетельствует о признании того факта, что пространственная и социальная сегрегация не единственные диссонансы, характерные для современного города. Это и функциональная чересполосица «между-территорий», экологически «чувствительных» ареалов болот, долин малых рек, оврагов [1]. На территории города проживают не только сообщества людей, но и других биологических видов, закон жизни которых не был принят проектировщиками во внимание в прошедшие эпохи. Набирает силу понимание того, что в населенных местах должно не только происходить единение людей на опре-

[2] *Ухина Н. С.* Пограничные зоны в структуре города (вопросы изучения и архитектурно-планировочной организации) : автореф. дис. … канд. архитектуры. М., 1988. 25 с.

[3] Минстрой России. Национальный проект «Жилье и городская среды». URL: https://www.minstroyrf.gov.ru/trades/natsionalnye-proekty/natsionalnyy-proekt-zhilye-i-gorodskaya-sreda.

[4] Всероссийский конкурс 2020 (2021—2022) лучших проектов создания городской среды. О конкурсе. URL: https://konkurs.gorodsreda.ru.

деленной территории, но и совершенствоваться неразрушительное сосуществование с другими биологическими видами.

В настоящее время человек как биотип сравнивается в правах с другими формами жизни. Здесь мы констатируем принципиально другой подход — неисчерпания биологических ресурсов планеты в связи с функционированием городов. Последнее понятие коренным образом меняет подход к проектированию и стратегии сохранения экосистем в городе — не только и не столько в пределах систем зеленых насаждений. Природная основа города априори была поставлена в зависимость от градостроительного освоения, поэтому в стратегиях развития большинства метрополий конца XX — начала XXI века определяются «экочувствительные» объекты, для которых предпринимаются особенные правила развития, использования и защиты от чрезмерной антропогенной нагрузки [6, 7]. Как правило, особенные естественные ландшафты в черте города защищаются буферными зонами.

В ряде публикаций, исследующих морфологию урбанистических систем, появилось словосочетание «внутренние ландшафты», на первый взгляд, как будто понятное: некоторая объективно существующая естественная субстанция, для которой характерно внутреннее единство всех форм ее проявления и саморазвития, динамика, направленность. Параллельно неизменно, популярно, злободневно идеалистическое желание проектировщиков создания единых непрерывных зеленых систем, начиная от интуитивных проектов братьев Олмстедтов, перепланировавших практически все крупные города Северной Америки в середине XIX века, и до настоящих проектов экокаркасов, зеленных путей и т. д. При этом «внутренние ландшафты» включены исследователями в иерархии искусственные, более высокого порядка. Здесь возникает целый ряд диссонансов. Противопоставление искусственного и естественного начал переворачивает данную понятность с ног на голову в силу необратимости, неизменности естественных законов развития ландшафта и, наоборот, изменяемости регламентов формирования искусственной среды, создаваемой интеллектом человека в соответствии с уровнем развития техники и технологий. В то же время урбанистический процесс рассматривается как сила, способная сломать неизменность природного комплекса. При этом каждый период технического прогресса сопровождается своей собственной законодательной нормативно-регламентной базой для архитектурно-градостроительного творчества, а естественные законы остаются неизменными, изменяется глубина и временной период их обратной реакции на антропогенные процессы в прямой зависимости от масштаба последних. «Внутренние ландшафты» трактуются в стратегиях восстановления, реновации градостроительных объектов и множественных других действий с приставкой *ре-* именно в силу представления о них как об ином мире, параллельной реальности, специфических территориях, где природа уступает свое место причины и следствия воле и успехам организованной социальной жизни. Тем не менее набирает силу этика понимания ценности выживания, всего живущего на планете. Так, например, своенравная река Брисбен представляет определенную угрозу для одноименного города в Австралии частыми затоплениями не только из-за близости «большой воды» океана, но также из-за крайне извилистого русла реки и особого режима — перемены направления течения воды дважды в сутки. Корневая система береговых зарослей и заливные луга, «удерживают» прибрежные территорий от излишних разрушений во время затоплений и одновременно

являются домом для некоторых особых видов рыб, и земноводных. Жизненный цикл последних заключается в очистке вод реки. Поэтому в черте города открытый доступ водной поверхности крайне ограничен, несмотря на роскошные зеленые набережные. Спуски к береговой линии — это, как правило, небольшие, хорошо благоустроенные парки, оборудованные системой защиты от наводнений. Генеральным планом города предусмотрено в его центральной, наиболее плотной части «оторвать» магистрали, пешеходные пути от линии берега и земли на опоры, попадание автомобиля на берег в принципе невозможно, человека — крайне затруднено[5] (рис. 1—3).

Рис. 1. Фрагмент буферной зоны русла Брисбена на территории университета Гринвич. Брисбен, Австралия. Фотоархив автора

Рис. 2. Брисбен, «отрезанный» от реки

[5] Генеральный план центра города Брисбен. URL: https://www.brisbane.qld.gov.au/sites/default/files/documents/2021-11/2021-Brisbane-City-Centre-Master-Plan-Stage-1-An-action-plan-to-reignite-our-city-heart-PDF.pdf.

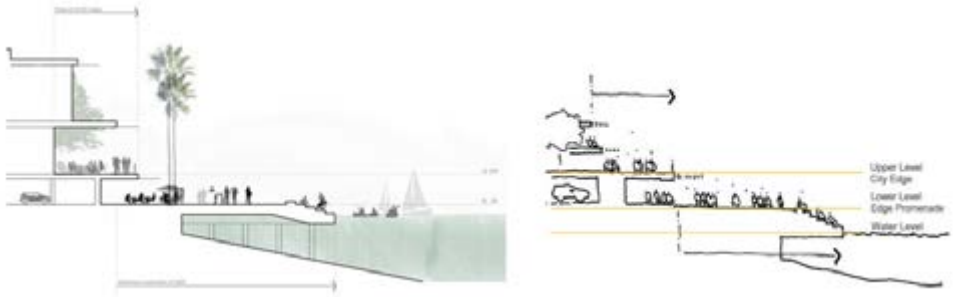


Рис. 3. Проект набережной Брисбена. Верхний уровень — «край» города

Архитектурный язык «внутренних ландшафтов» в городе, сопровождающих реку, как правило, язык мифологических альтернативных форм. В 1979 г. Дональд Мейниг в известном эссе под названием «Наблюдательный глаз — десять версий того же пейзажа» подчеркнул некоторые из способов восприятия ландшафтов человеком: как Природы, Родины, Искусства, Системы и т. д. Наиболее рациональное использования физико-географических особенностей городов и поселений, наиболее благоприятное сосуществования человека и других биологических видов в современной техногенной среде ставит куда более сложную задачу — осознание и неуничтожение материальных свидетельств прошлых культур, цивилизаций.

Принципиально иные отношения реки и города проектируются в региональных проектах и агломерациях. Самый крупный в Европе проект такого рода — Эмшер-парк, объединяет 17 городов трех стран, более двух десятков проектных групп, инвестирующих организаций в бывшем угледобывающем регионе. На момент окончания добычи угля район имел весьма характерное название — «Угольный горшок Германии». Объект хорошо изучен в ряде публикаций, рассчитан на многие десятилетия строительства, включает совершенно разнородные и разномасштабные градостроительные объекты, объединенные главной единой целью — восстановление естественных природных режимов региона. На начало проекта река Эмшер, когда-то питавшая поселки и городки вокруг шахт, была признана совершенно экологически мертвой [8]. Русло невозможно рекультивировать, восстановить прежний режим. Экологи настояли на создании нового, искусственного ложа реки, где и осуществляется эксперимент по факту: заселение новой воды живыми организмами. Архитектурный пейзаж долины содержит преимущественно приспособленные для активного туризма промышленные площадки, создавая глубинный фантастичный водный фронт.

Концепция сельскохозяйственной Тайджойской агломерации по руслу реки Тайджоу (КНР) предполагает установление режимов реки в границах городов и деревень, исходя из доминирующей функции прилегающих сельскохозяйственных территорий, устанавливая очень гибкие водоохранные зоны. Они регламентируются из расчета самовосстановления речных долин и характерных для них ареалов биологических видов. Водоохранные зоны подвергаются постоянному мониторингу и корректировке. Для сравнения: водоохранные зоны в Российской Федерации устанавливаются в зависимости от

длины реки, во внимание не принимаются ни экологические ниши аборигенных живых организмов, ни состояние прилегающих территорий.

Естественные миграции животных, насекомых, птиц никак не совпадают с жизнедеятельностью человека на земле, поэтому для них проектируются специальные «зеленые пути» в разных уровнях с транспортными и пешеходными потоками человека. Этот факт был использован в проекте одноименного города: рисунок жилой застройки городка был выстроен строго по миграционным путям животных и насекомых, связывающих между собой разные участки долины реки. Проектировщики считают, что высокое экологическое качество региона содержит экономический потенциал как перспективная сеть экотуризма и традиционных ремесел и сельскохозяйственных производств [9].

Архитектурный водный фронт как наслоение времен, стилей, следование традиционной парцелляции, масштабу и силуэту, но в новых архитектурных формах, дизайнерское осмысление уникальных знаков времен наиболее ярко читаются в Хафен-сити в Гамбурге, Хафен-сити и Восточного района (реконструкция территорий речных портов) во Франкфурте-на-Майне [10]. Район города-гавани в Гамбурге — это постепенный мягкий переход от складов XVIII века к яркой архитектуре современности. По мере движения от культурно-исторического центра постепенно меняется масштаб застройки, материал, архитектурные приемы. Деталь за деталью уходит напоминание об историзме застройки, пешеход попадает в современный жилой район с уникальной богатой пластикой пространства (развивающая компания (девелопер) «Бергедорф-Билль» и строительная компания «Отто Валф Баунтернгмунг» GmbH, архитектурная компания «APB Архитекторы и Беде Линднер К2», архитекторы и «Хаслоб Круз + Пратнер Бремен», 2007—2010). Первые кварталы жилой застройки выполнены в цвете, материале и пропорциях, напоминающих историческую застройку, оторваны от земли на высоту одного этажа на колонны, напоминая тем самым о частых подтоплениях в прошлом. Через территорию проброшены четыре коротких моста, обеспечивающих «город коротких дистанций» и формирующих висты в направлении новейшей архитектуры пристани лайнеров, офисных зданий и филармонии.

Хафен-сити и Восточный район Франкфурта-на-Майне (в основе проект авторов Timm Ohrt & Hille von Seggern & Partner) до настоящего времени связаны историей Старого города музеефицированной железной дорогой. В прошлом монографичный промышленно-селитебный рабочий пригород в портовой территории города в основном радикально заменен на новое жилище. Но приречные территории не только сохранили артефакты прошлого, но и открыты в глубину селитебной территории за счет транспарентности первой линии водного фронта. Изучая развертку набережной через створы улиц, нетрудно увидеть и восстановленный Старый город, и улицы новых домов, сохраняющих пропорции, уклоны кровель и в итоге современный силуэт исчезнувшего города после бомбежки британской авиации в 1944 г. [10] (рис. 4—6).

Возвращаясь к традиционному понятию «набережная», следует отметить высокую публикационную научную активность в отечественных периодических изданиях, исследующих не только факт активного обустройства набережных в городах России. Исследованию подвергаются и критерии оценки

качества благоустройства общественных пространств, соответствие и рефлексия на проблемы города в реновации контактных территорий города и реки, вопросы наследования истории и сохранения набережных и многие другие аспекты [11—13].

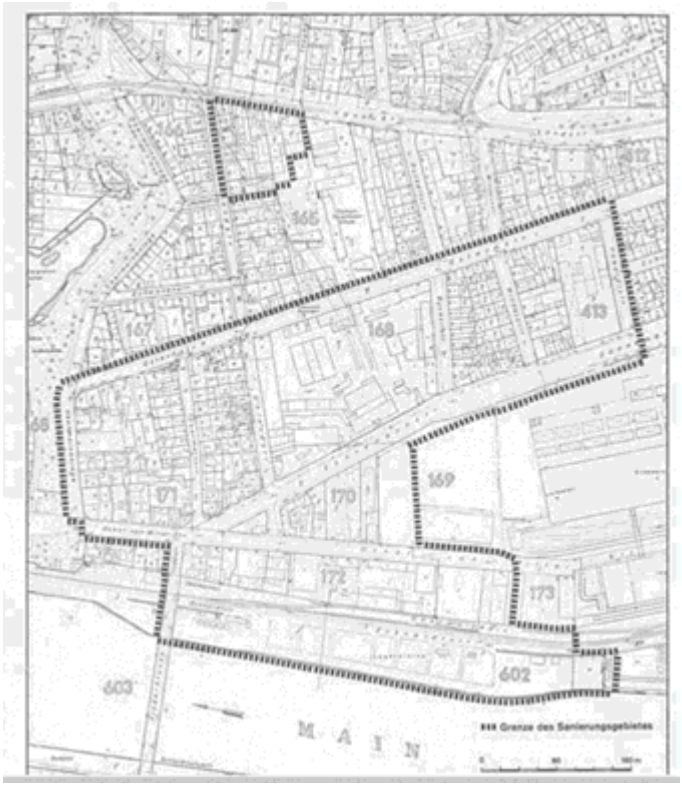


Рис. 4. Территория реконструкции Восточного района во Франкфурте-на-Майне

Рис. 5. План транспарентного жилого квартала на первой линии водного фронта Майна

Рис. 6. Новая архитектура старого города

В Красноярске, как и во многих крупнейших промышленных городах страны, прошел конкурс на создание набережной вдоль в недавнем прошлом промышленного правого берега Енисея. В ходе предварительных публичных дискуссий стало ясно, что всю линию предполагаемой набережной жители города видят разными фрагментами, связанными с настоящим функционированием территорий города, с их историей и с качеством естественной среды там, где она еще сохранилась (совместный проект кампаний ООО «АДМ» (рук. А. Д. Мякота); «АНИКС» (рук. А. Н. Спиридонов.); АО «Гражданпроект», «Тектоника» (рук. Е. А. Зыков); «Ред-Бизнес» (рук. Ю. А. Кузнецова))[6]. Проект интересен тем, что включил в себя практически все виды тематических набережных, но при всех своих достоинствах связь с прилегающими территориями запланирована только на уровне пешеходных путей. Это делает невозможным глубокую трактовку реновации прилегающих территорий, ощущение интегрированности в город, а не только хорошо благоустроенную рекреационную зону на пороге города (рис. 7).

[6] Благоустройство Правобережной набережной Енисея в Красноярске. URL: https://prorus.ru/projects/blagoustrojstvo-pravoberezhnoj-naberezhnoj-eniseya-v-krasnoyarske.

Рис. 7. Фрагмент проекта Правобережной набережной Енисея в Красноярске. Фото С. Филинин

В заключение следует отметить, что в проектной практике существует несколько различных трактовок территорий, соединяющих совершенно разные стихии: землю и воду; иные формы и виды жизни, о которых обыватель, как правило, не задумывается. До недавнего времени иные формы и виды жизни не учитывались и в профессиональных проектных решениях. Наиболее полным представляется понятие «водный фронт», которое отражает не только архитектурно-ландшафтное решение контактной зоны реки и города, но и архитектурную историю города, оставаясь не статичной куртиной-разверткой, но действенной территорией, где возможно толерантное сосуществование социального общества и биологических сообществ. При этом понятие включает в первую очередь архитектурную среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kukina I.* On the role of separating territories in the logical structure of modern city // SFU: Humanities & Social Science. 2012. No. 5. Pp. 647—662.

2. *Черешнев И. В., Черешнева Н. В., Кусков Е. Д.* Формирование комфортной городской среды: к вопросу об оценке проектов благоустройства // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 338—347.

3. *Старостенко Ю. Д.* Облик новой Москвы в проектах архитектурного оформления и застройки набережных Москвы-реки в 1930-е годы // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тр. МАРХИ : материалы междунар. науч.-практ. конф., 2016. С. 349—354.

4. *Енин А. Е., Гурьев С. Н., Сукочева С. А.* Проблемы благоустройства городской набережной (на примере Петровской набережной в городе Воронеже) // Архитектурные исследования. 2018. № 1(13). С. 83—93.

5. *Ефимова Т. Б., Мукосеева И. А.* Прошлое, настоящее и будущее набережной реки суры в городе Пензе // Безопасный и комфортный город : сб. науч. тр. по материалам IV междунар. науч.-практ. конф., 2020. С. 67—70.

6. *Wackernagel R. M., Rees W.* Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Canada : Gabriola Island, New Society Publishers, 1996. 317 p.

7. *Timmer V., Seymoar N-K.* The World Urban Forum. Vancouver Working Group Discussion Paper. Vancouver : International Center for Sustainable Cities, 2006. P. 42.

8. *Saner M.* Transforming the Industrial Landscape: Large Scale Artworks in IBA Emscher Park // Conference: International Symposium on Theories of Art / Design and Aesthetics. Antalya, Turkey, 2011. P. 270—277.

9. *Yu K., Padua M.* The Art of Survival // Images Publishing Group Pty. Australia : Mulgrave, 2006. 192 p.

10. Ausgangssituation vor Durchführung der städtebaulichen Sanierungsmaßnahme “Ostendstraße” // Abteilung Stadtlanung. Frankfurt am Main. 2015. 3/15. 93 p.

11. *Зарудная Т. Р., Шкотова О. В.* Благоустройство набережных. Их рекреационное значение // Академическая публицистика. 2019. № 12. С. 289—292.

12. *Ильичева Д. А.* Архитектура набережных как отражение современных потребностей города // Наука, образование и экспериментальное проектирование. МАРХИ : материалы междунар. науч.-практ. конф., 2016. С. 161—163.

13. *Цитман Т. О., Алимова Ю. Р.* Современные решения набережных // Инженер.-строит. вестн. Прикаспия. 2016. № 3(17). С. 9—14.

© Кукина И. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Кукина И. В. Архитектура водного фронта как интеграция стихий (сред) города // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 459—468.

Об авторе:

Кукина Ирина Валериевна — канд. архитектуры, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ) — филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», советник РААСН; проф. каф. градостроительства, Сибирский федеральный университет (СФУ). Российская Федерация, 660041, Красноярск, пр-т Свободный, 79; ikukina@inbox.ru

Irina V. Kukina

Siberian Federal University

The Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

THE ARCHITECTURE OF THE WATER FRONT AS THE INTEGRATION OF THE ELEMENTS (ENVIRONMENTS) OF THE CITY

The study was carried out within the framework of the plan of fundamental research of the Ministry of Construction of Russia and RAASN, topic 1.1.62 “Fundamental foundations of architectural regulation of the transformation of the living environment”

The article is devoted to the analysis of architectural and planning concepts for projects of reconstruction and renovation of coastal areas (waterfronts), as well as some terms reflecting changing in professional point of views and guidelines. Two groups or architectural and urban design concepts for the renovation of the embankments, waterfronts and coastal areas are considered as a value-historical territory in the new quality of a modern city and as a river that unites groups of cities due to the cultural and industrial features of the region. Special attention is paid to the coexistence of various forms of life.

K e y w o r d s: waterfront, embankment, architecture, planning strategies and concepts.

For citation:

Kukina I. V. [The architecture of the water front as the integration of the elements (environments) of the city]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel’nogo universiteta. Seriya: Stroitel’stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 459—468.

About author:

Irina V. Kukina — Candidate of Architect, The Branch of the Research Institute of the Theory and History of Architecture and Town Planning of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; Siberian Federal University. 79, Svobodnyi Ave., Krasnoyrsk, 660041, Russian Federation; ikukina@inbox.ru

УДК 712.4

Н. Г. Матовникова

Волгоградский государственный технический университет

НАБЕРЕЖНАЯ XXI ВЕКА. РАЗВИТИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ АРХИТЕКТУРНОГО ОБРАЗА НАБЕРЕЖНОЙ

В статье рассмотрены некоторые проблемы благоустройства городских набережных как важного аспекта создания комфортной городской среды. В том числе перечислены общие для всех заброшенных городских набережных недостатки, изучены рекомендации по благоустройству набережных, разработанные в рамках приоритетной программы комплексного развития и благоустройств российских городов. Также в ходе исследования проведен предпроектный анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования различных городских набережных. Данные теоретические положения легли в основу разработанной автором концепции благоустройства городской набережной им. В. Высоцкого в Кировском районе Волгограда. В статье дано краткое описание существующего состояния данной заброшенной территории, отмечены ее недостатки и преимущества. Главная цель проекта — создание многофункциональной набережной, отвечающей современным тенденциям развития прибрежных территорий, в связи с этим определены основные проектные задачи, описано стилистическое решение будущей набережной. В заключение отмечена важность благоустройства городских набережных как территорий, обладающих высоким рекреационно-оздоровительным потенциалом.

Ключевые слова: комфортная городская среда, прибрежная территория, рекреационно-оздоровительный потенциал, безбарьерная среда, функциональное зонирование.

Введение

Современный город часто воспринимается жителями как враждебная и агрессивная для человека территория. Высокий уровень химического, звукового и акустического загрязнения, высокая плотность застройки, быстрый темп городской жизни — все эти и многие другие факторы высокой антропогенной нагрузки являются причиной хронического стресса городского жителя[1] [1, 2]. Архитекторы и дизайнеры, заинтересованные в развитии города как комфортного места для жизни, пытаются изменить сложившуюся ситуацию. Комфортная городская среда является необходимым условием роста качества жизни горожан, повышения привлекательности города для жителей и туристов, улучшения благосостояния города в целом. На сегодняшний день проблема повышения качества и комфортности городской среды в городах России продолжает оставаться актуальной и злободневной для проектировщиков [3—5]. Одним из аспектов этой проблемы является вопрос благоустройства городских набережных как рекреационных территорий, очень важных для города. Особенно остро этот вопрос стоит в Волгограде, так как большая часть городских набережных, расположенных на большей части протяженной береговой линии города, находится в заброшенном или аварийном состоянии. Можно сказать, что в Волгограде речь должна идти не просто о благоустройстве городских набережных, но о реновации и ревалоризации этих заброшенных территорий, с обновлением или заменой ветхого благоустройства [5—7]. Сегодня дизайнеры стремятся переоценить значение

[1] *Матовникова Н. Г.* Биогеографические основы озеленения рекреационных территорий Волгоградской агломерации : автореф. дис. … канд. геогр. наук. Волгоград, 2007.

этой городской прибрежной зоны, раскрыть ее потенциал, полноценно включить ее в городскую ткань. В перспективе это могут быть не только привлекательные рекреационные зоны, но и зоны комфортного пешеходного и велосипедного движения вдоль всей береговой линии города. Таким образом, развитие заброшенных прибрежных территорий становится большим вкладом в процесс создания комфортной городской среды как открытого, безбарьерного и удобного для человека пространства.

Основная часть

В целом исследователи отмечают общие для всех заброшенных городских набережных недостатки. В том числе: отсутствие развитой сети мощеных пешеходных дорожек; отсутствие благоустроенных подходов или спусков к воде; малоблагоустроенные места для отдыха и досуга; недостаток или отсутствие удобств в зонах отдыха у воды; отсутствие или нехватка мест для кратковременного отдыха, укрытий от непогоды или тенистых навесов; отсутствие или недостаток урн и общественных туалетов. Сегодня в России реализуются приоритетные программы комплексного развития и благоустройства городов[2]. В целях содействия качественной реализации проектов и мероприятий были разработаны основные методические рекомендации, в том числе рекомендации по благоустройству набережных: 1. Развитие сети дорог и пешеходных дорожек на территории набережных. Транспортная инфраструктура вблизи городских набережных должна обеспечивать безопасный пешеходный и велосипедный проезд и минимизировать его пересечение с автомобильным движением. 2. Создание возможностей для контакта отдыхающих с водой и оснащение набережной разнообразным сезонным и стационарным оборудованием для отдыха. 3. Обеспечение безбарьерного доступа к набережной для всех групп пользователей, минимизация препятствий на пути (заборы, густое озеленение, естественные заросли и т. п.). 4. Создание инфраструктуры, которую можно использовать в течение дня в любое время года: территория должна быть оборудована для проведения спортивных, культурно-просветительских мероприятий. Важно предусмотреть места для торговых точек и точек общепита. 5. Обеспечение микроклиматического комфорта на набережных, установка защитных сооружений от ветра, осадков, прямых солнечных лучей. 6. Установка элементов бытовой инфраструктуры: общественных туалетов и мусорных баков в районе входа на набережную, возле зон отдыха, в основных транзитных зонах[3].

В ходе исследования был проведен предпроектный анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования городских набережных. Один из примеров современного отечественного проектирования набережной находится в Казани — новая набережная озерной системы Кабан (рис. 1).

Эта парковая зона является одним из самых популярных общественных пространств города, где проводится множество мероприятий, танцев, спортивных тренировок и фестивалей. Основные функции территории: рекреационно-транзитная, на ней расположены прогулочные зоны и различные зоны

[2] Благоустройство городских набережных : метод. рекомендации по реализации проектов повышения качества среды моногородов. М. : КБ «Стрелка», 2018.

[3] Там же.

СП 398.1325800.2018. Набережные. Правила градостроительного проектирования. М., 2019.

отдыха. Для функционирования парка в ночное время разработан светотехнический проект. Новая схема общественного транспорта, включающая новую общественную локацию, делает набережную доступной для всех районов города. На благоустроенной территории высажено большое количество растений, а также специальные фильтрационные установки, таким образом, решены вопросы сохранения и приумножения озеленения, а также очистки воды вдоль берега. В целом новое парковое оборудование, новые архитектурно-дизайнерские решения различных парковых зон набережной, новые строительные материалы — все это позволило создать современную парковую среду для отдыха и развлечений у воды[4].

Рис. 1. Набережная системы озер Кабан в Казани

Еще одним примером современного благоустройства набережной является Крымская набережная в Москве (рис 2). После реконструкции несколько лет назад Крымская набережная превратилась в променад и ландшафтный парк.

Рис. 2. Благоустройство Крымской набережной в Москве

Элементы оборудования набережной, павильоны, пешеходные и велосипедные дорожки, искусственные террасы в своем архитектурно-планировочном и образном решении повторяют силуэт волны либо имеют волнообразную форму. Этот образный дизайнерский прием встречается во многих стилеобразующих элементах благоустройства набережной, чем достигается единый образный строй этой парковой среды. Таким же образом оформляются скамейки, пешеходная и велосипедная зоны, расположенные на

[4] Развитие и благоустройство набережных системы озера Кабан. URL: https://archi.ru/projects/russia/10482/razvitie-i-blagoustroistvo-naberezhnykh-sistemy-ozera-kaban.

искусственном рельефе. Входная зона открывается деревянным вернисажем с волнообразной крышей. Деревянные скамейки и шезлонги, разделяющие газон, подчеркивают искусственный рельеф. Крымская набережная имеет разнообразное функциональное наполнение, благодаря чему является популярным местом городской рекреации.

Набережная Плайя де Понент, Бенидорм (Испания) расположена на берегу моря, вдоль пляжа (рис. 3). Она выполнена в два уровня и представляет собой извилистую в плане территорию длиной почти полтора километра. Места для отдыха и небольшие участки растительности, обеспечивающие тень, расположены по всей ее длине с небольшими промежутками. Среди всех подобных сооружений набережная Бенидорма выделяется своими футуристическими формами. Функционирование променада ограничено территорией набережной. Верхний уровень набережной выложен разноцветной керамической плиткой, палитра которой содержит все цвета радуги. Нижний уровень выполнен из настила. Благодаря сложной конфигурации верхнего уровня тень на нижнем уровне можно найти в любое время суток, что очень важно для солнечной Испании. Волнистая линия набережной задает тон, динамику, атмосферу радости и игры в этом пространстве[5].

Рис. 3. Благоустройство набережной Platja de Ponent, Бенидорм, Испания

Набережная Bahia Urbana, Сан-Хуан, Пуэрто-Рико (рис. 4). Эта набережная занимает большую часть прибрежной территории и заканчивается небольшой парковой локацией. Построенная на воде, эта парковая зона создает дополнительную рекреационную территорию, делая набережную более привлекательной для посещения. Данная локация создает ощущение безмятежного острова, где можно уединиться и отдохнуть, не покидая пределов города. На самой набережной также есть несколько зон тихого отдыха, с укрытиями от яркого солнца, беседками, причалами, детскими площадками, рестораном и амфитеатром. Набережная является прекрасным местом для длительных прогулок и отдыха, но, кроме того, здесь есть много возможностей активно провести время, так как здесь часто проходят различные встречи, концерты, конкурсы и другие массовые мероприятия. Функции: прогулочная, транзитная и рекреационная [8].

[5] Набережная Поньенте в испанском Бенидорме. URL: https://arch-sochi.ru/2013/05/naberezhnaya-ponente-v-ispanskom-benidorme.

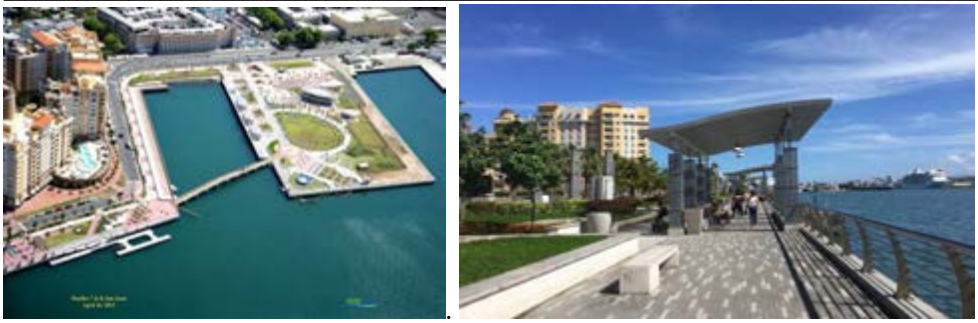


Рис. 4. Благоустройство набережной Bahia Urbana, Пуэрто-Рико

Центральная набережная Торонто, Канада (рис. 5). Здесь организовано множество различных зон отдыха, в том числе: зоны для принятия солнечных ванн, зона велопрогулок, зона отдыха на воде с пунктом проката лодок. В целом набережная Торонто представляет собой сеть мостов, набережных и причалов протяженностью три с половиной километра, которая соединяет несколько районов города. Функции набережной: рекреационная и транзитная. В планировке набережной четко прослеживается концепция «волны», которая создает ощущение праздника и вызывает различные эмоции и чувства у посетителей. В некоторых местах участки набережной, имеющие деревянную поверхность, приобретают волнообразную форму. Эти волнистые вставки используются детьми для игр, а взрослыми — для отдыха и принятия солнечных ванн. Причалы для маломерных судов расположены почти вплотную к местам пешеходного движения, но не конфликтуют с ними [9—11].

Рис. 5. Благоустройство Центральной набережной в Торонто, Канада

Набережная Hornsbergs Strandpark, Стокгольм, Швеция (рис. 6). Жители города используют свою набережную как место, где можно устроить пикник, искупаться, позагорать и полюбоваться вечерним и утренним солнцем. Это прибрежное пространство представляет собой небольшой парк, расположенный прямо у кромки воды. Набережная содержит несколько зон для спокойного отдыха, извилистые пешеходные дорожки, расположенные на разноуровневых террасах, три небольших пирса, а также зону для принятия солнечных ванн. Функции: прогулочная, рекреационно-оздоровительная. Пирсы интересны тем, что по ним можно не только ходить. В конце есть платформы, на них установлены сиденья и столы. Таким образом, причалы представляют собой беседки на воде. В центральной части набережной есть небольшой

фудкорт, где можно перекусить. Волнообразная форма береговой линии на фоне регулярной городской застройки выглядит живописно и создает впечатление легкого движения, динамики и гармонии[6].

Рис. 6. Благоустройство набережной Hornsbergs Strandpark в Стокгольме

Таким образом, краткое описание представленных примеров недавно построенных городских набережных позволяет сделать предварительный вывод о различных возможностях функционального наполнения этих территорий, важности их архитектурно-образного решения, так как набережная, кроме всего прочего, хорошо просматривается с реки, что немаловажно для репутации города. Набережная является своеобразным лицом города, ее стиль может стать городским или районным брендом. Также на данных примерах видно, как хорошо продумана логистика пешеходных и велосипедных маршрутов, грамотно спроектирована вся дорожно-тропиночная сеть территории, что также немаловажно для благоустройства. В целом эти городские набережные являются не только привлекательными рекреационными зонами, но и зонами комфортного пешеходного и велосипедного движения вдоль всей береговой линии города. Кроме того, современные городские набережные можно считать гибридными архитектурными объектами, так как в них гармонично сочетаются элементы зеленого строительства, озеленения и всевозможные инженерные и архитектурные постройки (павильоны, навесы, пирсы, мостики, смотровые вышки и пр.) Также можно отметить, что эти территории отличаются такими характеристиками, как всесезонность и внепогодность, т. е. на них можно комфортно проводить время, в любых погодных условиях и в любое время года, так как здесь предусмотрены всевозможные защиты от непогоды, вся дорожно-тропиночная сеть и различные по функционалу площадки имеют современное мощение. То есть можно говорить об усложнении всего архитектурно-планировочного решения современной городской набережной, ее многофункциональности, гибридности, всесезонности и внепогодности как характерных особенностях. Таким образом, можно сделать вывод, что данные благоустроенные прибрежные территории городских набережных вносят большой вклад в процесс создания комфортной городской среды как открытого, безбарьерного и удобного для посетителя пространства.

[6] URL: https://www.archdaily.com/301967/hornsbergs-strandpark-nyrens-arkitektkontor.
URL: https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-329674/arquitectura-y-paisaje-hornsbergs-strandpark-por-nyrens-arkitektkontor.

Темой нашего исследования стала ситуация с заброшенной городской набережной им. В. Высоцкого в Кировском районе Волгограда. На данный момент в Кировском районе остро стоит проблема нехватки удобных мест для прогулок и комфортного отдыха горожан. В районе всего несколько мест, где можно хорошо провести время, но и у них есть свои минусы:

1. Сквер с фонтаном перед кинотеатром «Авангард». Территория небольшая по площади, поэтому не предназначена для длительных прогулок. Все, что вы можете сделать здесь, — это расслабиться, сидя на скамейке перед сухим фонтаном. В жаркое время года площадь является излюбленным местом взрослых и детей, так как это единственный действующий фонтан в округе, поэтому здесь слишком многолюдно и шумно.

2. Прогулочная пешеходная зона по улице Кирова. Имеет довольно большую длину и подходит для длительных прогулок. Озеленение минимальное, есть скамейки, урны. Так как прогулочная зона расположена между двумя дорогами, на ней всегда очень шумно.

3. Сквер «Доблесть и слава», появившийся около двух лет назад. Туда был перенесен памятник М. С. Шумилову, который раньше располагался на площади перед кинотеатром «Авангард». Несмотря на ухоженный вид, площадь не пользуется большой популярностью у жителей района из-за отсутствия дополнительного благоустройства и других функциональных зон, кроме тихих зон отдыха.

4. Набережная имени В. Высоцкого. Набережная является центром притяжения большого количества людей, так как здесь расположены: причал с действующей паромной переправой на о. Сарпинский; несанкционированный пляж (на котором в теплое время года собирается много людей); яхт-клуб; иногда проходит музыкальный фестиваль; есть места для шашлыка и рыбалки. Из-за большой длины набережную часто используют для пробежек. Основными недостатками этой набережной являются такие моменты, как: отсутствие минимальных удобств для посетителей, физически и морально устаревшее оборудование набережной, неразвитость дорожно-тропиночной сети территории. То есть здесь отсутствуют все те элементы благоустройства и архитектурно-планировочные решения, которые характерны для современной городской набережной, наличие которых могло бы значительно увеличить возможности функционирования данной территории и ее посещаемость горожанами. Она имеет достаточно большие размеры, длина набережной 1758 м, расположена она в благоприятном, тихом месте, а главное, обеспечивает прямой выход к реке. По топографическим картам (рис. 7) создана ситуационная схема исследуемой территории (рис. 8) площадью 29,3 га.

В дальнейшем, по мере благоустройства участка и развития его дорожно-тропиночной сети, набережная станет более доступной для посещения, а жители комплексов «Санаторный» и «Европейский парк» в районе Горной Поляны смогут пополнить число посетителей набережной. Место, где располагается набережная, относительно тихое и уединенное, так как отделено городской застройкой от железной дороги. На территории есть заброшенная автодорога, которая, помимо Второй продольной магистрали, является единственной трассой, соединяющей Кировский и Советский районы, поэтому она имеет большое значение для города. На набережной проводились меры по укреплению береговой линии и защите от наводнений. Она имеет

небольшое возвышение, укрепленное бетонными плитами. Каждую весну уровень воды в Волге поднимается на несколько метров, из-за этого часть бетонных плит затопляется. В настоящее время максимальный подъем воды в реке составляет 8 м. По этой причине оборудование, размещаемое на плитах, должно быть мобильным и сезонным.

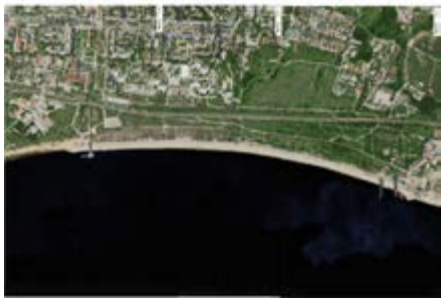


Рис. 7. Спутниковый снимок набережной

Рис. 8. Схема исследуемой территории

Преимуществом этого района являются: близость к жилой застройке; наличие маршрутов общественного транспорта, ведущих к набережной; наличие небольшого пологого рельефа; выход к Волге. Несмотря на то, что в советское время активно поднимался вопрос о благоустройстве набережной Высоцкого, на сегодняшний день она находится в заброшенном состоянии, что негативно сказывается на близлежащих объектах. Неустроенность и неухоженность волжского берега делает территорию малопосещаемой и не создает комфортной парковой среды для взрослых и молодежи. Создание современной многофункциональной ландшафтной среды решит ряд этих проблем и создаст новый формат спокойного и активного отдыха горожан. Современные строительные технологии позволяют решить вопрос организации мест купания на территории городских набережных с устройством плавучих бассейнов. Эти бассейны могут использоваться круглый год, они оснащены системой фильтрации, подогрева, дезинфекции и озонирования. В них используются различные фильтры, в том числе: системы тонкой механической очистки песка, ультрафиолетовые установки, современные системы очистки из меди или серебра.

В результате предпроектного анализа разработана концепция благоустройства набережной им. В. Высоцкого в Кировском районе Волгограда (рис. 9).

Рис. 9. Концепция благоустройства набережной им. В. Высоцкого в Кировском районе Волгограда

Концепцией парковой среды набережной стало создание благоустроенной территории с различными парковыми функциями, ориентированными на разные возрастные и социальные группы Кировского района и города в целом. Проект реконструкции и благоустройства набережной содержит предложения по организации зон, предназначенных для проведения культурно-массовых мероприятий, спокойного и активного отдыха, воскресного досуга. Также будут предложены решения по организации пешеходного и велосипедного транспорта и рациональному использованию береговой линии. Кроме того, на набережной будет сохранен и благоустроен открытый доступ к воде. При этом предполагается сохранение и использование существующего рельефа прибрежной зоны при помощи террасирования территории. Восстановленная набережная может стать одной из основных современных рекреационных зон не только района, но и всего города. Основная цель проекта — создание многофункциональной набережной, отвечающей всем современным тенденциям развития прибрежных территорий. Набережная станет новым центром притяжения в городе для культурного и спортивного времяпрепровождения, а также доступной зоной отдыха около воды и местом, интересным для всех социальных и возрастных групп. В связи с этим были определены основные задачи проекта, в том числе:

1. Определение состава основных функциональных задач набережной.
2. Создание схемы функционального зонирования.
3. Разработка композиции дорожно-тропиночной сети.
4. Определение стилевого и образно-цветового решения всей набережной.
5. Разработка вариантов использования береговой линии с организацией водных объектов (пирсы, плавучие бассейны и т. д.).
6. Разработка малых архитектурных форм и оборудования для различных участков набережной.

При разработке композиции генплана и стиля набережной за основу образной составляющей была взята тема реки, силуэты яхты, парусов, волн. Плавные линии, одновременно спокойные и динамичные, преобладающие в архитектурно-образной составляющей проектируемого пространства, вызывают у посетителей прямую ассоциацию с атмосферой курорта, где можно отдохнуть, расслабиться и получить приятные впечатления, не покидая территорию города. Основной цвет малых архитектурных форм навесов, скамеек, павильонов — белый. Его выбрали потому, что он явно ассоциируется с легкостью, воздушностью, парусностью яхты. Белый цвет успокаивает, освежает и вообще крайне позитивен. Второстепенный цвет, присутствующий в деталях отделки, — синий. Это небесный и водянистый цвет. В то же время синий — это символ безмятежности, спокойствия, стабильности, нежности. Сочетание белого и синего цветов связано с морской тематикой, что создает благоприятное ощущение легкости, праздника, свежести, т. е. того, чего часто не хватает горожанам. В проекте также разработаны современные элементы оборудования и благоустройства набережной, в том числе павильоны, навесы, места отдыха, оборудование входной, выставочно-рекреационной, игровых зон и зон променада. Продуманы варианты благоустройства береговой линии со строительством новых пирсов, площадок для принятия солнечных ванн, плавучих бассейнов.

Разработана концепция мультисенсорного парка «Пять чувств» в Тракторозаводском районе Волгограда (рис. 10).

Окружающая среда постоянно оказывает на нас влияние, что отражается на нашем эмоциональном и, как следствие, физическом состоянии. Мы воспринимаем информацию посредством пяти органов чувств, которыми наделила нас природа, — это зрение, осязание, слух, обоняние и вкус.

Мультисенсорный парк «Пять чувств» направлен на развитие и улучшение человеческих чувств. Парк состоит из множества различного рода стимуляторов, которые воздействуют на органы зрения, слуха, обоняния, осязания и вкусовые рецепторы, создают ощущение покоя, умиротворенности. Пребывание в комфортной сенсорной среде способствует улучшению эмоционального состояния, снижению беспокойства и агрессивности, снятию нервного возбуждения и тревожности, нормализации сна, активизации мозговой деятельности.

При формировании парковой территории были учтены различные факторы, в том числе и градостроительные. Существующие внутриквартальные проходы между жилой застройкой, ведущие к набережной, были взяты в качестве осевых линий, на которых расположились входные группы, ведущие в парк. Достаточно большой перепад в рельефе набережной потребовал террасирования проектируемой части: исходя из концепции мультисенсорного парка «Пять чувств», рельеф набережной был разделен на пять функциональных террас, соответствующих тематике парка.

Первая терраса — линия зрительных образов (доминантная входная группа, которая представляет собой смотровую площадку, с которой открывается невероятный вид на Волгу и на весь парк; экспозиционно выставочная зона вдоль пешеходной дороги; «Зеркальный лабиринт»).

Вторая терраса — линия обонятельных образов (по всей террасе расположены пахучие сады).

Третья терраса — линия вкусовых образов (открытый ярморочный павильон, где можно попробовать «вкусы природы»).

Четвертая терраса — линия тактильных образов (босоногая тропа; рельефные стены разных поверхностей).

Пятая терраса — линия звуковых образов (сцена для музыкантов; музыкальные инсталляции; звуки Волги и пение птиц).

Рис. 10. Концепция «Мультисенсорный парк „Пять чувств“ в Тракторозаводском районе г. Волгограда»

Выводы

Благоустройство городских набережных является важным аспектом создания комфортной городской среды, так как прибрежные территории обладают

большим рекреационным и оздоровительным потенциалом. Создание благоустроенной парковой среды с возможностью отдыха у реки, контакта с водой, возможностью тихого и активного отдыха населения разных возрастов, проведения различных культурно-массовых, спортивно-оздоровительных мероприятий, новая эстетика и образно-дизайнерское решение парковой среды — все это разнообразит и обогащает рекреационную среду в городе, обеспечивает полноценный и здоровый отдых горожан. Кроме того, в перспективе прибрежные территории могут стать безбарьерной пешеходной и велосипедной транзитной зоной вдоль береговой линии города. Эти теоретические положения легли в основу разработанной концепции благоустройства городской набережной им. В. Высоцкого в Кировском районе Волгограда. Проектируемая набережная может стать новой привлекательной рекреационной и оздоровительной территорией Волгограда, возродит необходимую для района и города в целом парковую среду у реки, наполнит заброшенную городскую территорию новыми сценариями досуга и станет новым местом отдыха не только для местных жителей, но и для туристов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Anopin V. N., Matovnikov S. A., Matovnikova N. G.* The features of the establishment and maintenance of parkland in the solution of the problems of urban agglomerations in Volgograd // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 1972—1977.

2. *Matovnikov S. A., Matovnikova N. G.* Innovative urban planning methods for the urban landscape design in the Volgograd agglomeration // Procedia Engineering. Vol. 2. 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). Pp. 1966—1971.

3. *Демидова Е. В.* Проблема реабилитации городских пространств // Академ. вестн. УралНИИпроект РААСН. 2009. № 2.

4. *Матовников С. А., Матовникова Н. Г.* Проектирование современного парка как инновационного объекта // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАрхИ : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. проф.-преподават. состава, молодых ученых и студентов, 2018. С. 391—393.

5. *Матовников С. А., Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Антипова И. А.* Реновация заброшенных общегородских и постиндустриальных территорий с помощью строительства парков // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2021. № 3(84). С. 204—215.

6. *Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Барканова А. В.* Объемно-планировочное решение благоустройства Ельшанской набережной в Советском районе Волгограда // Центральный науч. вестн. 2018. Т. 3. № 10(51). С. 77—78.

7. *Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Барканова А. В.* Благоустройство набережной со сложным рельефом // Центральный науч. вестн. 2017. Т. 2. № 24. С. 68—69.

8. *Armbruster J., Verkerk H., Lavergne H., Amy C.* Bahia Urbana: Overcoming Structural Engineering Challenges for Successful Port Redevelopment, San Juan, Puerto Rico August 2013 Conference : Proceedings of Ports'13 : 13th Triennial International Conference.

9. *Minner K.* Toronto Central Waterfront. URL: https://www.archdaily.com/111635/toronto-central-waterfront-west-8-and-dtah> ISSN 0719-8884.

10. *Horak M.* State rescaling in practice: urban governance reform in Toronto // Urban Research & Practice. Vol. 6 (3: North American Urban Politics). Pp. 311—328.

11. *White J. T.* Pursuing design excellence: Urban design governance on Toronto's waterfront // Progress in Planning. 2016. Vol. 110. Pp. 1—41.

© Матовникова Н. Г., 2022

*Поступила в редакцию
в июне 2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Матовникова Н. Г. Набережная XXI века. Развитие концептуальных подходов к формированию архитектурного образа набережной // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 469—480.

Об авторе:

Матовникова Наталья Геннадьевна — канд. географ. наук, доц., доц. каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; matovnikova@yandex.ru

Natal'ya G. Matovnikova

Volgograd State Technical University

EMBANKMENT OF THE XXI CENTURY. DEVELOPMENT OF CONCEPTUAL APPROACHES TO THE FORMATION OF THE ARCHITECTURAL IMAGE OF THE EMBANKMENT

The article deals with some problems of urban embankment improvement as an important aspect of creating a comfortable urban environment. Among other things, the shortcomings common to all abandoned city embankments are listed; recommendations for the improvement of embankments, developed as part of the priority program for the integrated development and improvement of Russian cities are studied. Also, in the course of the study, a pre-project analysis of domestic and foreign experience in designing various city embankments was carried out. These theoretical provisions formed the basis of the concept developed by the authors for the improvement of the city embankment. V. Vysotsky in the Kirovsky district of Volgograd. The article gives a brief description of the existing state of this abandoned territory, its disadvantages and advantages are noted. The main goal of the project is to create a multifunctional embankment that meets all modern trends in the development of coastal areas; in this regard, the main design tasks are defined, and the stylistic solution of the future embankment is described. In conclusion, the importance of improving the city's embankments, as areas with a high recreational and health potential, was noted.

K e y w o r d s: comfortable urban environment, coastal area, recreational and health potential, barrier-free environment, functional zoning.

For citation:

Matovnikova N. G. [Embankment of the XXI century. Development of conceptual approaches to the formation of the architectural image of the embankment]. *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], 2022, iss. 3, pp. 469—480.

About author:

Natal'ya G. Matovnikova — Candidate of Geographic Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; matovnikova@yandex.ru

УДК 378.4.091.6

О. Г. Мельникова, П. П. Олейников

Волгоградский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПАРКОВОЙ ЗОНЫ ПЯТИМОРСКА

Архитектурно-планировочная концепция парков в настоящее время особенно актуальна. Она подчеркивает специфику данного территориального округа или его структурного элемента. Это находит отражение и в объемно-пространственном решении объектов, и в архитектурно-планировочном территориальном планировании [1]. В статье рассматриваются особенности благоустройства прибрежной зоны парка в поселке Пятиморске Волгоградской области. Описывается концепция проектного предложения: сохранение исторического контекста и внедрение нового на основе развития культурно-оздоровительного фонда для жителей и гостей города [2].

Ключевые слова: современный туризм, музейные экспозиции, парковые территории, научно-исследовательская деятельность, благоустройство, прибрежные территории, парк, планировка территории.

Пятиморск — это небольшой поселок в Волгоградской области, ориентировочно с двумя тысячами жителей. Необычное «курортное» название он получил из-за своего месторасположения: поселок был основан на берегу Волго-Донского канала, который вместе с Беломорканалом и Волго-Балтийским водным путем позволил соединить пять морей: Белое, Черное, Каспийское, Азовское и Балтийское. Название, конечно, немного безосновательно, потому что такой поселок мог появиться, в принципе, на любом из перечисленных каналов, не только Волго-Донском. Однако, несмотря на отсутствие моря, поселок и правда старается претендовать на статус курортного, хотя бы на региональном уровне, для жителей Волгоградской области. Сюда съезжаются туристы, у которых есть возможность увидеть много достопримечательностей [3].

Главный объект притяжения — Волго-Донской канал. Именно благодаря ему и был основан поселок. В Пятиморске находится 13-й шлюз Волго-Донского канала (рис. 1). Всего на канале 15 шлюзов, не все такие красивые и торжественные, как этот, поэтому многие приезжают сюда специально, чтобы посмотреть на шлюзы. В этом месте шлюзы напоминают Триумфальную арку. Подойти слишком близко нельзя: все загорожено заборами. Очень похоже на место в Красноармейском районе Волгограда (там находится 1-й шлюз). Наверное, впечатление будет сильнее, если увидеть все с воды и отправиться в речной круиз по этому маршруту летом.

Парк истории государства Российского — оригинальная зеленая зона в центре Пятиморска, благодаря которой поселок носит неофициальный титул «парковой столицы Юга России». Огромный, более 20 га парк был разбит еще в 50-е гг. прошлого столетия, но спустя полвека без присмотра пришел в полное запустение. После начатой в 2012 г. масштабной реконструкции парк превратился в своеобразную «машину времени», перемещающую в разные эпохи на одной ограниченной территории. Авторы стремятся большое количество информации разместить на территории парка, максимально насытить

пространства[1]. Каждая аллея парка посвящена определенной теме и соответствующе обустроена с помощью добавления малых форм, стендов, скульптурных композиций и т. д. Например, на аллее памяти героев Отечественной войны 1812 г. установлены бюсты великих полководцев, а аллеи Екатерины II и Елизаветы I венчают памятники императрицам. Аллею Славы заложили в 70-й юбилей победы в Великой Отечественной войне. И что интересно: ее контуры повторяют православный крест. Украшают аллею памятники военачальникам, бойцам и труженикам тыла, горит Вечный огонь (рис. 2). Прямая противоположность данной строгости — территория для малышей. Аллея детских сказок насыщена веселыми разнообразными персонажами русских и советских литературных произведений и мультфильмов. Есть в данном парке и романтика: самая романтичная аллея — аллея влюбленных. При входе на нее установлена скульптурная композиция Ромео и Джульетты, рядом для отдыха — оригинальная беседка в виде огромного сердца, вдоль дорожки располагаются скульптуры влюбленных и ангелов. Это любимое место влюбленных. Сюда в день свадьбы приезжают молодожены, чтобы оставить на специальном дереве символ любви и верности — замок[2].

Рис. 1. Пятиморск. 13-й шлюз Волго-Донского канала

Рис. 2. Аллея славы

[1] URL: http://vg.mfua.ru/news/detail.php?ID=4771.
[2] URL: https://cossack-circle.livejournal.com/286318.html.
URL: https://pandia.ru/text/77/358/73909.php.

Кроме тематических аллей и площадок, на территории парка есть пляж. В теплое время здесь много отдыхающих, которые резвятся в воде или загорают на солнце, а по утрам, пока никого нет, сидят с удочками рыбаки (рис. 3)[3].

Рис. 3. Пляж на берегу Волги

Существующая планировочная структура территории формировалась десятилетиями. Генеральный план парка (рис. 4) отражает структуру объектов и связь между ними посредством основных направлений транспортно-пешеходных путей[4] [4].

Рис. 4. Схема расположения основных существующих элементов парка в Пятиморске

[3] URL: http://nazaccent.ru/association/volgograd.
[4] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11345952.

Все плюсы и минусы территории раскрылись перед делегацией ИАиС ВолгГТУ, посетившей парк Пятиморска (рис. 5). На основе предпроектного анализа, несмотря на насыщение парка тематическими объектами [5], были выявлены пустующие места и основные проблемы данной территории: нехватка общественных и культурных пространств, необходимость в реновации локальных мест досуга, неорганизованность пространства возле церкви (рис. 6), отсутствие структуры комфортной зоны отдыха у воды, отсутствие велодорожек, нехватка парковочных мест[5]. Особое внимание уделялось рассмотрению вопросов и проблем освоения береговой линии Волги в данном парке. В беседах с жителями четко прослеживается желание всех категорий населения развивать территорию набережной в соответствии с современными требованиями к городской среде[6], помогать на любых этапах реализации проектных предложений.

Рис. 5. Экскурсия по территории парка. Студенты-архитекторы, директор ИАиС ВолгГТУ О. В. Душко и представители администрации Пятиморска изучают особенности парка

Рис. 6. Территория у церкви

[5] URL: https://www.volgograd.kp.ru/daily/26539/3556713.
[6] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10822996.

После проведенного предпроектного анализа[7] разрабатывалось более десяти вариантов студенческих проектных предложений под руководством преподавателей-архитекторов: от фантастических идей до четко структурированных строгих вариантов.

В результате сформирована комплексная структура проектного предложения (рис. 7).

Рис. 7. Структура проектного предложения

Территория благоустройства предусматривает различные варианты отдыха: тихий и активный отдых, коллективный или уединение, пешие прогулки или велопробеги, посиделки в беседках или занятия спортом на удобных спортивных площадках[8] (см. рис. 7).

На территории, приближенной к береговой линии, но не пригодной для пляжного отдыха, предлагается расположить небольшие здания павильонного типа круглогодичного использования[9]. Их форма, размер, положение и структура фасадных решений разрабатывались на основе принципа проницаемости пространства[10], чтобы, с одной стороны, открыть красивый вид на Волгу для помещений павильонов и смотровых площадок, а с другой — не закрывать водную гладь от отдыхающих в парке на свежем воздухе.

Павильоны многофункциональны. Здесь будут не только организовываться обзорные экскурсии, но и проводиться мастер-классы и другие мероприятия, а на прилегающей территории расположена площадка для активного отдыха с универсальной спортивной площадкой, игровой зоной и велодорожками. В качестве основного объекта представлена территория для подвижных игр различного типа[11] (рис. 8).

Зона тихого отдыха на прибрежной территории предназначена в первую очередь для предоставления благоприятных условий общения как членов семей друг с другом или друзей, так и группы «единомышленников» для посиделок на свежем воздухе[12]. Здесь максимально используется озеленение (газон, декоративно-лиственные посадки и хвойники). Людям всех возрастов и различных категорий, включая маломобильные группы населения, да и самой

[7] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31626791.
[8] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43765960.
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28390553.
[9] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10528975.
[10] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11484785.
[11] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10184911.
[12] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28390553.

природе нужна тишина. Здесь отдыхают и дети. Поэтому данная территория должна соответствовать не только всем нормативным требованиям по безопасности, но и стилистике и тематике проектируемого парка[13]. На территории предусмотрено насыщение детской площадки малыми архитектурными формами, качелями и каруселями[14]. На территории затона предусмотрены благоустроенные места для рыбалки с домиком для рыбаков, а на самой водной глади — причал для прогулочных лодочек.

Рис. 8. Генеральный план проектного предложения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методология, историография и источники изучения исторического опыта регионального развития : тез. докл. и сообщ. Всесоюз. науч. конф. / Под ред. Т. И. Славко, И. В. Побережникова. Волгоград : Ин-т истории и археологии, 1990. Вып. 1. 65 с.

2. *Яргина З. Н.* Ландшафтный анализ территории // Науч. вестн. Воронежского гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Студент и наука. 2015. Вып. 8.

3. *Косицына Э. С.* Эколого-градостроительные проблемы озеленения Волгограда. Волгоград, 1995. URL: https://tripplanet.ru/dostoprimechatelnosti-pjatimorska/#Park_istorii_gosudarstva_Rossijskogo.

4. *Мельникова О. Г., Бельмакова А. С.* Архитектурное проектирование объектов с учетом формирования безбарьерной среды : учеб. пособие. Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т., 2017. URL: http://vgasu.ru/publishing/on-line#13.

5. *Мельникова О. Г., Рыбников Е. Г.* Доступная среда для инвалидов. Волгоград : Надежда : Т-Пресс, 2014.

© Мельникова О. Г., Олейников П. П., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Мельникова О. Г., Олейников П. П. Особенности благоустройства прибрежной территории парковой зоны Пятиморска // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 481—487.

[13] URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=8682217.
[14] URL: http://article.sapub.org/10.5923.j.arch.20201003.02.html#Sec3.1.

Об авторах:

Мельникова Ольга Геннадиевна — доц. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; grafdesing@mail.ru

Олейников Петр Петрович — канд. техн. наук, проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; poleynikov@mail.ru

Olga G. Melnikova, Petr P. Oleinikov

Volgograd State Technical University

FEATURES OF IMPROVEMENT OF THE COASTAL TERRITORY OF THE PYATIMORSK PARK ZONE

The architectural and planning concept of parks is currently particularly relevant. It emphasizes the specifics of a given territorial district or its structural element. This is reflected both in the volumetric and spatial solution of objects, and in architectural and planning territorial planning. The article discusses the features of the improvement of the coastal zone of this park in Pyatimorsk, Volgograd region. The article describes the concept of the project proposal: the preservation of the historical context and the introduction of a new one based on the development of a cultural and recreational fund for residents and guests of the city.

K e y w o r d s: modern tourism, museum expositions, park areas, research activities, landscaping, coastal areas, park, territory planning.

For citation:

Melnikova O. G., Oleinikov P. P. [Features of improvement of the coastal territory of the Pyatimorsk park zone]. *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], 2022, iss. 3, pp. 481—487.

About authors:

Olga G. Melnikova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; grafdesing@mail.ru

Petr P. Oleinikov — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; poleynikov@mail.ru

УДК 712,25+711,5

П. В. Самойленко, И. А. Антипова

Волгоградский государственный технический университет

БЛАГОУСТРОЙСТВО ПАРКА В ПОСЕЛКЕ НИЖНИЙ ТРАКТОРНЫЙ В ТРАКТОРОЗАВОДСКОМ РАЙОНЕ ВОЛГОГРАДА: ИЗ ПРОШЛОГО В БУДУЩЕЕ

В статье проанализированы современные тенденции в реновации заброшенных общегородских и постиндустриальных территорий города на примере парков, подчеркнута важность восстановления таких пространств, а также рассмотрены некоторые примеры подобных объектов. В ходе аналитического обзора концептуальных решений выявляются актуальные подходы в проектировании рекреационных пространств и парковых территорий, методы возвращения заброшенных общегородских и постиндустриальных территорий города в категорию высокоэффективных городских территорий посредством использования приемов обогащения функционального назначения парка, инновационного функционального зонирования территории, оснащения новым парковым оборудованием.

Ключевые слова: постиндустриальные территории, заброшенные общегородские территории, реновация территорий, рекреационное пространство, проектирование комфортной парковой среды.

Введение

Структура городского пространства — динамичная и постоянно развивающаяся система, по мере роста городов проектировщики решают массу градостроительных, архитектурно-планировочных, формотворческих и прочих задач преобразования городских территорий. Эта проблема актуальна сегодня, когда происходит как смена производственной парадигмы постиндустриального общества, так и более или менее успешное освоение заброшенных городских территорий. Современный город нужно рассматривать как экосистему, в которой должны быть созданы наиболее благоприятные условия для жизни. Особенное и важное место при этом должны занимать зеленые парковые территории. Именно в парках должна быть создана оптимальная по своим характеристикам комфортная городская среда. Городские парки, места отдыха и зеленые зоны являются важной частью общегородских территорий и играют значительную роль в жизни не только мегаполисов, но средних и малых городов. Городские парки — это рекреационные территории, где люди могут активно или пассивно проводить свободное время, отдыхать и общаться в безопасной обстановке, отдыхать от городской суеты, проводить свой досуг и наслаждаться природой. Кроме того, важно, что парковые городские территории способствуют улучшению качества воздуха и являются средой обитания и развития представителей природной флоры и фауны в городе. Таким образом, городские парки напрямую способствуют оздоровлению городского населения, повышению качества его жизни и создают комфортную среду для отдыха[1] [1—5].

[1] Дизайн комфортного досуга — новое направление научного дизайна. URL: https://scienceforum.ru/2018/article/2018004782.

Основная часть

В настоящее время в городах появляется все больше новых парковых и озелененных территорий, но также под парки и зеленые зоны можно приспособить постиндустриальные территории бывших заводов и заброшенные общегородские территории. Реновация таких территорий — немаловажная проблема современных городов не только в России, но и по всему миру, ведь в городах сегодня существует большая часть пустующей постиндустриальной и заброшенной территории. Исторически сложилось, что центральные части многих крупных городов включают промышленные территории. Очень часто промышленные территории размещались вдоль акватории, чтобы обслуживать предприятия водным транспортом. В то время как на данный момент территории с выходом к воде для города считаются наиболее ценными. Кроме того, зачастую происходит так, что не вся промышленная территория занята производствами, а лишь малая ее часть, а остальное пространство является санитарно-защитными зонами от них, что продиктовано устаревшими «грязными» технологиями. Таким образом, пустуют большие площади ценной городской территории, что тормозит развитие города в этом направлении, так как это развитие останавливают накладываемые на эти свободные территории санитарные ограничения[2] [6]. Сегодня производство переходит на другой технологический уровень, цеха устаревают, целые заводы прекращают работать, следовательно, ранее востребованная прилегающая территория тоже теряет свое прежнее значение. В черте города оказалось большое количество постиндустриальных территорий, которые полностью прекратили свою деятельность, что привело к появлению в городской среде депрессивных пространств, пустующих и нефункционирующих территорий, свалок и пустырей[3] [7]. Эти участки вполне могли бы получить новую жизнь. Сегодня реновация заброшенной общегородской территории является обязательным процессом в формировании комфортной городской среды, так как большие заброшенные территории — это одновременно и большой потенциал, но и большая опасность. Опасность таких пустующих территорий заключается в том, что природа не терпит пустоты и на заброшенных участках зачастую возникают криминальные очаги, антисанитария, свалки и пр. Эти участки общегородской территории становятся отчужденными и не используются, следовательно, теряется драгоценный территориальный ресурс города. Что касается большого потенциала подобного рода территорий, то он заключается в том, что постиндустриальные территории являются ценным ресурсом в экономическом плане. Большие по площади пространства несут в себе потенциал для обустройства общественных рекреационных зон, улучшения качества городского пространства, так как уже находятся в черте городской застройки с развитой транспортной инфраструктурой, в непосредственной близости от социально-культурных и инженерно-технических объектов. Такое положение определяет их инвестиционную привлекательность, а также

[2] Проблемы преобразования промышленных территорий, находящихся в зонах с особыми условиями использования. URL: https://pnu.edu.ru/media/nionc/articles-2019/79-85.pdf.

Матовникова Н. Г. Биогеографические основы озеленения рекреационных территорий Волгоградской агломерации : автореф. дис. … канд. геогр. наук. Волгоград, 2007.

[3] *Матовникова Н. Г.* Биогеографические основы озеленения рекреационных территорий Волгоградской агломерации : автореф. дис. … канд. геогр. наук. Волгоград, 2007.

может содействовать необходимости их реновации для максимально эффективного использования и социально-экономического развития городов [3, 8]. Среди эффективных инструментов обновления заброшенных территорий — создание комфортной парковой среды, которая делает заброшенные территории востребованными, способствует их экономической стабильности, развивая экономическую и культурную жизнь района и города в целом. Это новый подход к постиндустриальному наследию. Чтобы включить парковую среду в структуру города, надо создать в парке такие привлекательные условия среды, чтобы люди сначала пришли в это место, а потом вернулись сюда снова. Такие условия можно создать, используя приемы обогащения функционального назначения парка и инновационного функционального зонирования его территории, где могут быть размещены разнообразные площадки, спортивные или игровые, разных видов развивающие или обучающие тематические павильоны, сцены и амфитеатры, в которых проходят концерты и лекции, размещаются места сборов и встреч [3, 5]. В качестве предпроектного анализа рассмотрим существующие примеры реновации заброшенных общегородских и постиндустриальных территорий.

1. «Домино-парк» в Нью-Йорке (рис. 1). «Домино-парк» построен на месте бывшего сахарного завода. Производство просуществовало начиная с 19 века, около ста пятидесяти лет, и потом было заброшено на шестьдесят лет. Концепция этого парка — расширить парковую зону вдоль реки и соединить парк с городом, сделать это место общедоступным, а не приватным парком для домов, которыми застраивается берег в данный момент. К тому же из-за того, что парк находится на берегу, он работает как первая линия защиты района от ураганов, сильного ветра и бурь. Также парк находится на склоне и плавно соединяет возвышенные участки берега с низинными, поэтому там нет лестниц, а территория комфортна и доступна для всех горожан. Идея «Домино-парка» также состоит в том, чтобы максимально использовать существующую подоснову. Таким образом, рельеф берега остался прежним, а смотровая площадка, удобная для посещения, расположена на металлической конструкции стены бывшего склада. Многие конструкции бывшего завода остались и используются как материалы для новых объектов и предметного наполнение данной среды. Например, в парке расположены объекты промышленного периода того времени: железные трубы, конвейеры, рельсы, клепаные баки для хранения сиропа, краны, колонны склада. Также в дизайне паркового оборудования использовано дерево, из которого были сделаны стены, металл от клапанов и колес. «Домино-парк» — один из удачных примеров реновации постиндустриальной территории в качестве парка и общественной зоны. У территории есть история и концепция, что послужило основой для создания тематического парка[4].

2. Парк на месте старой верфи в китайском городе Чжуншань (рис. 2). Данный парк — прекрасный образец постиндустриального использования территории, продуманного использования заброшенных инженерных сооружений. В парке существовало две проблемы, одной из которых являлся высокий уровень воды. Первую проблему решили, построив мосты на разных высотах и подобрав растения, для которых не будет губительно периодическое

[4] URL: https://archi.ru/world/80828/sakharnyi-park.

затопление территории. Вторая задача заключалась в сохранении культурного наследия в виде заржавевших и нефункционирующих обломков старого инженерного оборудования, таких как водонапорные башни, доки и прочее техническое оборудование. Однако если бы их оставили нетронутыми, то это доставило бы ряд неудобств посетителям. Было принято решение использовать старые конструкции в ландшафтном дизайне путем реконструкции и преобразования, перекрасив их в яркие цвета, создать новые формы паркового оборудования, в которых старые инженерные конструкции получали новое назначение и становились арт-объектами на территории парка.

Рис. 1. Преобразованные сооружения в «Домино-парке», Нью-Йорк

Рис. 2. Преобразование заброшенных сооружений бывшей верфи

3. Ландшафтный парк Дуйсбург-Норд (рис. 3), который все называют самым опасным парком в Германии, построен на месте заброшенного металлургического завода. Изначально предлагалось снести все заводские здания и обустроить территорию с нуля, но архитектор Питер Ланц сохранил существующую промышленную застройку и превратил заброшенный завод в своеобразный аттракцион.

Рис. 3. Ландшафтный парк Дуйсбург-Норд в Германии

Все здания и постройки внешне остались прежними, только их приспособили под отдых и прогулки. Также была проведена высадка деревьев и растений на территории парка. Из пяти доменных печей, которые работали на заводе, сохранилось три. Одну из печей, благодаря ее высокой лестнице, превратили в смотровую площадку. Большую электростанцию — в зал для торжеств. Из хозяйственного помещения поблизости сделали арт-пространство, где современные художники устраивают выставки, а режиссеры проводят премьерные показы. Газометр превратили в дайвинг-центр, где любые желающие могут нырнуть на глубину 13 м и увидеть различные подводные сюжеты. Хранилище газа превратили в большой бассейн. Практически ничего не осталось нетронутым, даже рельсы превратили в пешеходные дорожки. Из различных построек завода сделаны кинотеатры, лекционные залы, а из хранилища для дождевальных печей — скалодром. Вечером парк красиво подсвечен[5].

4. Парк Хай-Лайн в Нью-Йорке (рис. 4) — микс постиндустриального прошлого, современной архитектуры и ландшафтного дизайна. Бывшая железная дорога-эстакада, стала прогулочной зоной и хорошим местом отдыха. Раньше железная дорога проходила через склады и промышленный район, но со временем склады и промышленность перестали функционировать, а вместе с ними и железная дорога потеряла свое значение. Она оказалась заброшенной и невостребованной. Было принято решение создать протяженный прогулочный парк. Парк устроен на месте старых путей и полностью повторяет их маршрут. Растениям предоставлена полная свобода: таким образом архитекторы сохранили сформировавшуюся флору. Рельсы также решили оставить и сделали их частью оформления парка. Сейчас парк Хай-Лайн — реанимированное пространство, получившее новую жизнь и функцию[6].

5. Фрешкиллс-парк в Нью-Йорке (рис. 5). Заброшенные общегородские территории — пустыри, давно не функционирующие заводы, старые свалки, которые портят городскую среду. Это очень депрессивные территории, жить возле которых крайне некомфортно. В мире уже есть опыт реновации таких территорий. Один из таких примеров — Фрешкиллс-парк. Долгое время жители Стэйтен-Айленда жили с мыслью, что остальная часть города сбрасывает на них мусор и отходы. Потому был запущен проект по восстановлению

[5] URL: https://parkseason.ru/articles/luchshiye-parki-mira-duysburg-nord-v-vestfalii.
[6] URL: https://varlamov.ru/1206229.html.

данной территории. Проект пока находится на стадии реализации, так как горы мусора занимали очень большую территорию, и разбор завалов и переработка могут затянуться на десятки лет. Но некоторая часть завалов уже разобрана и приспособлена под парк с разными зонами, полями и площадками. Мусор, который находился на этой территории, не просто отвозится в очередное заброшенное место, а перерабатывается на месте. Таким образом, парк планирует зарабатывать и вкладываться в собственное развитие.

Рис. 4. Парк Хай-Лайн — излюбленное место жителей Нью-Йорка

Рис. 5. Фрешкиллс-парк на территории бывшей городской свалки

6. Лондон, Великобритания, парк Барьера Темзы (рис. 6). Парк Барьера Темзы расположен не в самом подходящем месте для зеленых массивов — в районе Сильвертаун, с большим сосредоточением нефтебаз, производства резины и химических заводов. Однако парк является гордостью Англии, потому что на столь загубленной территории получилось воплотить настоящее чудо света. Место, где сейчас расположен парк, ранее занимала компания по производству шпал и телеграфных столбов, материал которых пропитывался химическими веществами, которые попадали в землю, из-за чего среда оказалась абсолютно безжизненной. Но потом «грязные» производства перестали работать, и началось строительство Барьера Темзы — сооружений против наводнений на реке. Также было принято решение о реновации территории и организации на этом месте парка[7].

[7] URL: https://redeveloper.ru/redeveloperskie-proekty/realise_actual/thames-barrier-park-london-velikobritaniya.

Рис. 6. Парк «Барьер Темзы»

7. Парк на месте свалки в городе Тяньцзине (рис. 7). В Китае из-за промышленного бума особо остро стоит вопрос об облагораживании загрязненных и промышленных территорий. Примером того, как решилась такая проблема, является парк в Тяньцзине. На окраине города скопилась большая свалка в 23 га. Однако проблема встала особо остро, когда свалка подошла вплотную к жилым домам: вырос уровень криминала, жители стали жаловаться на сложившуюся ситуацию, и правительство наконец-то прислушалось — началось строительство парка. Главной проблемой стала сама территория парка. Сложный рельеф с испорченной почвой не самый лучший вариант для строительства парка. Было принято решение устроить парк с привычной региональной флорой, неприхотливыми и выносливыми растениями. Таким образом, гектары загрязненной и просоленной земли превратились в прекрасный многоярусный парк[8].

Рис. 7. Парк на месте свалки в городе Тяньцзинь

Приведенные примеры реновации и создания зеленых парковых зон на бывших промышленных и заброшенных общегородских территориях свидетельствуют о необходимости изменения этих фрагментов городской среды с целью наиболее эффективного использования территориальных резервов города для повышения его экологической устойчивости и улучшения условий жизни населения. Особенно остро тема реновации заброшенных общегородских и постиндустриальных территорий стоит в Волгограде, городе с большим количеством неосвоенных городских земель. В результате проведенного исследования были разработаны концептуальные предложения о возможно-

[8] URL: http://t-fakt.ru/5-krasiveyshih-parkov-na-meste-uzhasnyih-svalok.

сти эффективного использования и реновации заброшенного парка на территории поселка Нижний Тракторный. Рядом с парком существует развитая инфраструктура. Это городские объекты, транспортные магистрали, электросети, больница. Также рядом находятся разного рода учреждения, такие как Волгоградский кадетский корпус Следственного комитета РФ, лицей, школа, детский сад, а в самом парке находится Дворец культуры и техники Тракторозаводского района. Сам парк находится от проезжей части на расстоянии 0,5…1,0 км, примерно 25 мин пешком. Имеет непосредственно выход к Волге, на набережную. Профиль парка имеет небольшой уклон, а заканчивается он крутым склоном. Площадь парка составляет 17,16 га. Также на территории парка имеется братская могила советских воинов, погибших в период Сталинградской битвы. Парк находится в заброшенном состоянии, на его территории есть большое количество пустырей, деревья неухоженные, много сухих и старых, которые требуют спила или частичной обрезки. Полив отсутствует, так как от водоснабжения парк давно отрезан. Дорожек и мощеной дорожно-тропиночной сети нет, в парке стоят разрушенные лавочки и ограждения, от питьевых фонтанчиков остались одни постаменты. Парадная лестница, ведущая из парка прямо к реке, разрушается и все глубже проваливается в овраг. Единственная ухоженная часть находится рядом с Дворцом культуры. В настоящее время парк используется в основном местными жителями. Туда приходят погулять и отдохнуть родители с детьми и молодежь. Компании устраивают пикники, чтобы приятно провести время на природе.

Проанализировав исходный объект и его состояние, можно сделать вывод, что парк нуждается в восстановлении и хорошо подходит для реализации идеи реновации. Так как рядом находится большое количество учреждений и объектов жилого фонда, население будет активным пользователем парка. К тому же сам район постепенно пустеет, происходит отток населения. Следовательно, нужно создать место, куда жителям хотелось бы возвращаться, давая, таким образом, новую жизнь микрорайону и парку. Исходя из концепции реновации, предложено усложнить и обогатить функциональное назначение парка, в соответствии с этим парк делится на несколько крупных зон (рис. 8):

1. Озелененная зона — простирается по проекту по всей длине парка. Эта зона должна быть застелена газонным покрытием, на котором можно расположиться и спокойно отдохнуть, также необходимо высадить большое количество новых деревьев и кустарников.

2. Зоны развлечений — это детские игровые зоны, зоны аттракционов с колесом обозрения, концертной сценой. Эти зоны в основном будут находиться в центральной части парк и составлять его главную часть.

3. Спортивно-массовая зона будет находиться с левой стороны парка, она состоит из спортплощадки с баскетбольными кольцами и футбольным полем, зоны воркаута с турниками, скейт-площадка, фристайл-зоны с прокатом велосипедов, роликов и пр.

4. Зоны променада — это прогулочные зоны, их можно разделить на две части — верхнюю и нижнюю: верхняя зона променада — это две пересекающиеся широкие аллеи, одна из которых перекрыта широкими перголами, а другая проходит через аллею светящихся деревьев, где ночью можно наблюдать прекрасные виды. Нижняя зона променада находится внизу, у набережной.

Это большая зигзагообразная дорожка, где есть выход к воде и спуск к береговому кафе, пляжу и бассейну.

5. Развивающе-образовательные зоны по проекту находятся на правой стороне парка, рядом с Домом культуры. Туда входят клубные зоны, техноплощадки с роботами, световой лабиринт, букинистическая зона, площадка для прыжков.

Рис. 8. Схема реновации парка на территории поселка Нижний Тракторный, Волгоград

В целом сложилась концепция многофункционального городского парка, с развитой дорожно-тропиночной сетью, благоустроенными местами для отдыха, игровыми и спортивными площадками, крытыми павильонами. В проекте благоустройства парка использовались разные типы мощения, разработаны малые архитектурные формы, навесы и павильоны оригинальной формы, применены разные типы озеленения и пр. (рис. 9).

Рис. 9. Благоустройство парка поселка Нижний Тракторный в Тракторозаводском районе Волгограда

Выводы

Политика реновации постиндустриальных и заброшенных общегородских территорий актуальна для многих городов мира, в том числе и для российских. Оставляя подобные территории вблизи городского центра, мы лишаем город возможности устойчивого развития, а его жителей — комфортного проживания и удобного использования городской среды. Мы живем во времена второй технической революции, когда происходит активная смена технологий и способов промышленного производства и утилизации отходов. Будущее промышленной архитектуры заключается в ее приспособлении к стремительно развивающимся технологиям, что достигается реконструкцией неэффективных промышленных объектов или заменой их функционального назначения. Одновременно с этим идет активный процесс реновации освободившихся городских территорий, при котором различные архитектурно-планировочные приемы позволяют адаптировать и гармонизировать эти пространства, эффективно вписывать их к структуру развивающегося города. Конечно, реновационные проекты с целью повторного использования заброшенных и постиндустриальных территорий и их рефункционализации поначалу могут привести к некоторым экономическим потерям, но при бездействии город и население потеряют намного больше.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Барканова А. В.* Объемно-планировочное решение благоустройства Ельшанской набережной в советском районе Волгограда // Центральный науч. вестн. 2018. Т. 3. № 10(51). С. 77—78.

2. *Матовникова Н. Г., Самойленко П. В., Чернышева А. А.* Благоустройство городского пляжа на левом берегу реки Волга в районе Хутора Бобры // Пути повышения результативности современных научных исследований : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., 2019. С. 151—158.

3. *Матовников С. А., Матовникова Н. Г.* Проектирование современного парка как инновационного средового объекта // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАрхИ : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. проф.-препод. состава, молодых ученых и студентов, 2018. С. 391—393.

4. *Matovnikov S. A., Matovnikova N. G.* Innovative urban planning methods for the urban landscape design in the volgograd agglomeration // Procedia Engineering. Vol. 2. 2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE-2016. Pp. 1966—1971.

5. *Loukaitou-Sideris A.* Urban form and social context: cultural differentiation in the use of urban parks // Journal of Planning Education and Research. 1995. Vol. 14. No. 2. Pp. 89—102.

6. *Anopin V. N., Matovnikov S. A., Matovnikova N. G.* The features of the establishment and maintenance of parkland in the solution of the problems of urban agglomerations in Volgograd // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 1972—1977.

7. *Цитман Т. О., Богатырева А. В.* Реновация промышленной территории в структуре городской среды. URL: https://aracy.рф/journal/files/documents/44-redaktor/isvp_4_14/isvp_2015_4_29-35.pdf.

8. *Демидова Е. В.* Проблема реабилитации городских пространств // Академ. вестн. УралНИИпроект РААСН. 2009. № 2.

© Самойленко П. В., Антипова И. А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Самойленко П. В., Антипова И. А. Благоустройство парка в поселке Нижний Тракторный в Тракторозаводском районе Волгограда: из прошлого в будущее // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 488—498.

Об авторах:

Самойленко Полина Васильевна — старший преподаватель каф. дизайна и монументально-декоративного искусства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; palasam@yandex.ru

Антипова И. А. — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Polina V. Samoylenko, I. A. Antipova

Volgograd State Technical University

LANDSCAPING OF THE PARK IN THE VILLAGE OF NIZHNY TRAKTORNY IN THE TRAKTOROZAVODSKY DISTRICT OF VOLGOGRAD: FROM THE PAST TO THE FUTURE

This article analyzes the current trends in the renovation of abandoned city-wide site and post-industrial areas of the city on the example of parks, identifies the basic principles of the formation of these spaces, and also considers some examples of such spaces. In the course of an analytical review of conceptual solutions, relevant approaches in the design of recreational spaces and park areas are identified, and methods for returning abandoned citywide and post-industrial areas of the city to the category of highly efficient urban areas.

K e y w o r d s: post-industrial areas, abandoned city-wide site, territory renovation, recreational space, designing a comfortable park environment.

For citation:

Samoylenko P. V., Antipova I. A. [Landscaping of the park in the village of Nizhny Traktorny in the Traktorozavodsky district of Volgograd: from the past to the future]. *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], 2022, iss. 3, pp. 488—498.

About authors:

Polina V. Samoylenko — Senior Lecturer of Design and Monumental and Decorative Art Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; palasam@yandex.ru

I. A. Antipova — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

УДК 624.94.012.45

П. В. Якимив, А. В. Голиков

Волгоградский государственный технический университет

ПРИНЦИПЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ТРИБУН ФУТБОЛЬНЫХ СТАДИОНОВ

Стадион является основной площадкой для проведения представлений и соревнований различного назначения. Главной частью стадиона являются трибуны. Зритель определяет форму внутреннего пространства сооружения, в первую очередь трибун, поэтому трибуны — это формообразующие конструкции всего стадиона. В данной исследовательской работе рассмотрен ряд вопросов: формы трибун, конструктивные приемы размещения трибун в плане и по высоте, представлены основные правила и рекомендации по их проектированию, методы, по которым создается профиль трибун с учетом видимости объектов. Результаты проделанной работы — это наглядные примеры трибун и конструктивные решения отдельных секций стадиона.

К л ю ч е в ы е с л о в а: стадион, конструктивная схема, трибуны, архитектурная выразительность, условия видимости, архитектурная форма.

Введение

Современный спорт невозможно представить без спортивного сооружения высокого качества и требуемого уровня безопасности. Постройка таких объектов — главная задача инженеров-проектировщиков. По многим видам спорта проходят соревнования, проведение которых должно быть комфортным не только участнику-спортсмену, но и зрителю. Удобные для всех участников процесса спортивные объекты — важная составляющая спортивных состязаний. По своему функциональному назначению физкультурно-спортивные комплексы делятся на следующие типы: спортивно-тренировочные, спортивно-демонстрационные, комплексы для спорта и отдыха.

В данной исследовательской работе в качестве примера рассмотрен спортивно-демонстрационный комплекс — футбольный стадион с вместимостью шестьдесят тысяч зрителей.

Целью данной работы ставилось классифицировать основные принципы формообразования трибун футбольных стадионов и по результатам критического анализа предложить простой и экономичный по сравнению с существующими аналогами метод построения профиля трибун.

Задачи:

- выполнить обзор конструктивных решений трибун;
- определить комплекс требований для расположения зрительских мест на трибунах;
- выполнить обзор существующих методов построения профиля трибун;
- разработать новый метод построения профиля трибун;
- выполнить моделирование стадиона в зависимости от требований актуальных сводов правил.

Конфигурации и конструктивные схемы трибун

Существует множество архитектурных и конструктивных приемов композиции трибун стадионов.

Варианты форм трибун спортивных арен стадионов приведены на рис. 1.

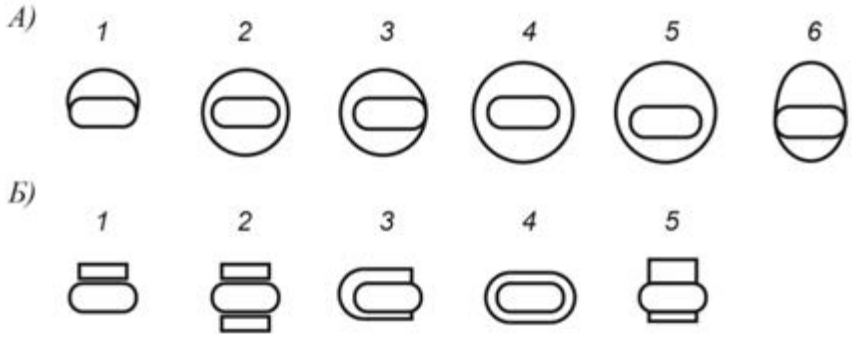


Рис. 1. Формы трибун и их месторасположение в пределах стадиона: *а* — криволинейные формы с расчетом на обеспечение оптимальных условий видимости; *б* — упрощенные формы; *1* — односторонние; *2* — двухсторонние (симметричные); *3* — трехсторонние; *4* — четырехсторонние (симметричные); *5* — четырехсторонние (несимметричные); *6* — двухсторонние (несимметричные)

Трибуны могут быть одно-, двух-, трех- и четырехсторонними и др. Односторонние трибуны имеет большая часть стадионов вместимостью до 10 тыс. зрителей.

По основному конструктивному приему трибуны можно подразделить на трибуны земляные, на опорных конструкциях и комбинированные.

Земляные трибуны выполняются на грунтовом склоне-выемке (значительная часть малых стадионов) и на искусственной или природной насыпи. Пример — стадион «Джангито Мулачелли» (Бразилия) в Куритибе (рис. 2): трибуны расположены прямо на склоне горы без использования дополнительных конструкций — только земля и сиденья. Вместимость 6 тыс. зрителей.

Рис. 2. Стадион «Джангито Мулачелли»

Чтобы создать баланс перемещаемых грунтовых масс, комбинируется выемка и насыпь (стадионы любых размеров). Такое решение воплощено в реальность на стадионе для игры в бейсбол Sonora Stadium (рис. 3).

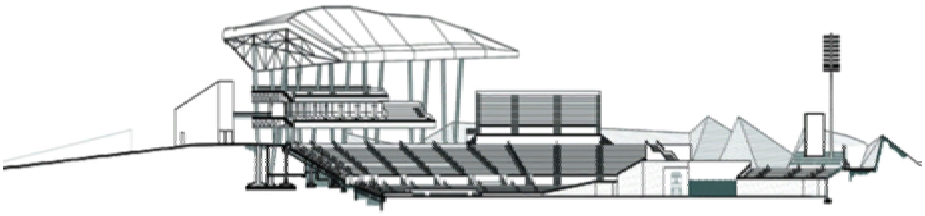


Рис. 3. Стадион Sonora Stadium

Трибуны на опорных конструкциях (металлических, чаще железобетонных) делают многоярусными. Одноярусные — большинство стадионов с вместимостью до 20 тыс. мест и часть крупных стадионов, например стадион ФК «Краснодар» или главная трибуна стадиона «Австралия» в Сиднее (рис. 4).

Рис. 4. Стадион «Австралия» в Сиднее

По причине того, что с каждым годом растет количество зрителей и болельщиков, существует большая потребность в крупных стадионах вместимостью более 50 тыс. мест. Данная проблема подробно рассмотрена в трудах Я. Э. Дадаева [1], Pietro Palvarini и Simone Tosi [2].

Двухъярусные или многоярусные — это, как правило, стадионы, имеющие более 40 тыс. мест. В этой группе множество стадионов с интересными конструкциями и архитектурой («Пекинский национальный стадион» в Пекине, «Сигнал Идуна Парк» в Дортмунде, Германия).

Комбинированные трибуны, в которых нижний ярус земляной, а верхние — на железобетонных или металлических конструкциях, широко применяются на стадионах любой вместимости. Такой способ создания трибун позволяет вместить большое количество зрителей и сделать проектирование и постройку стадиона экономически более выгодными. Комбинированными выполнены трибуны уникального стадиона, вырубленного в скале, — «Мунисипал де Брага» в Браге, Португалия (рис. 5).

Рис. 5. «Мунисипал де Брага» в Браге, Португалия

Более подробно трибуны как формообразующий фактор стадиона рассмотрены в трудах отечественных и зарубежных коллег [3—18].

Требования к проектированию трибун

«Зритель формирует облик стадиона» — эти громкие слова имеют под собой почву. Любое зрелищное сооружение строится в первую очередь для людей, которые придут посмотреть спортивные соревнования или выступления.

Главной проблемой проектирования подобных объектов является создание комфортных условий видимости для зрителя. Согласно СП 285.1325800.2016 «Стадионы футбольные. Правила проектирования», места на трибунах следует размещать с учетом обеспечения беспрепятственной видимости игры в футбол. Рекомендуемые зоны размещения зрительских мест приведены в приложении В СП 285.1325800.2016 и представлены на рис. 6.

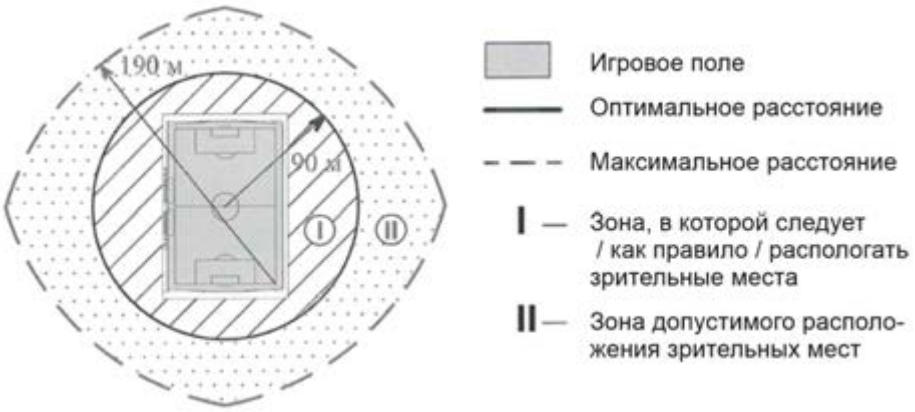


Рис. 6. Рекомендуемые зоны размещения зрительских мест

Из схемы приложения В видно, что максимальное удаление зрителя составляет 190 м — расстояние, на котором человеческий глаз может распознать мяч. Исходя из этого, существует большое количество разнообразных схем трибун.

Расположение зрительских мест на трибунах

Расчет профиля трибуны стадиона требует детального и углубленного рассмотрения. Стадион проектируется для больших, грандиозных мероприятий, на которые придет большое количество людей, поэтому необходимо обеспечить им максимальную безопасность и видимость происходящего путем правильного построения профиля трибун.

Существует ряд критериев, в зависимости от которых строится оптимальный профиль трибун (рис. 7).

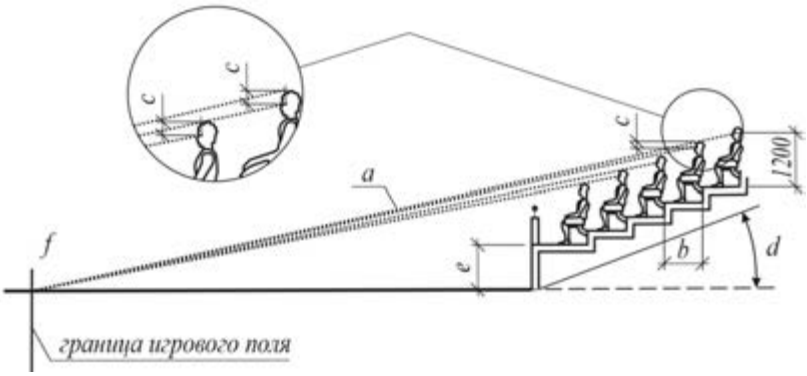


Рис. 7. Схема профиля трибун: *a* — луч зрения (линии видимости); *b* — глубина ряда (не менее 800 мм); *c* — нормируемая величина превышения луча зрения (см. значения величины *C* в табл.); *d* — угол подъема трибуны (не более 34 град.); *e* — возвышение первого ряда трибуны над игровым полем

Превышение луча зрения *C* зрителя последнего ряда трибуны (или каждого отрезка профиля по ломаной линии), направленного на наблюдаемую точку (фокус), над уровнем глаз впереди расположенного зрителя следует принимать, согласно СП 285.1325800.2016 «Стадионы футбольные. Правила проектирования», равным 140…100 мм.

Значения величины C

Рекомендуемое	140 мм
Допустимое	100 мм
В исключительных случаях	80 мм

Максимальный угол наклона трибун составляет 34 град., что обусловливается безопасностью болельщиков на зрительских местах. Условия безопасности на трибунах стадионов широко рассмотрены в трудах зарубежного автора T. V. Dormidontova [19].

Методы построения профиля трибун

Профиль трибун может создаваться двумя совершенно разными приемами:

- по наклонной прямой;
- по кривой (ломаной) линии.

Трибуны, которые проектируются по кривой линии, самые выгодные по условию видимости: $C = \text{const}$ (превышение угла зрения), но в то же время самые неудобные в расчетах и возведении трибун на стройплощадке (рис. 8).

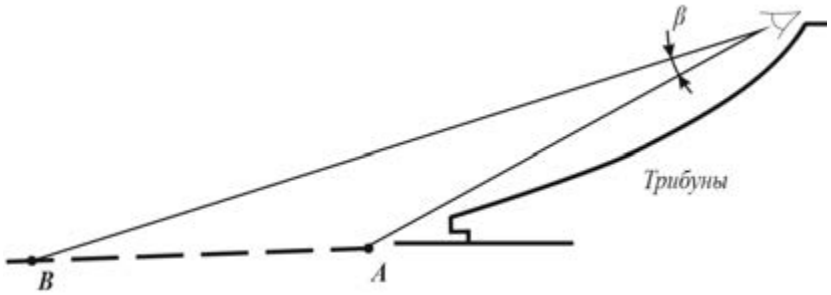


Рис. 8. Трибуны, обустроенные по кривой линии

Профиль по наклонной линии применяется, как правило, при числе рядов не более 15 по причине того, что превышение луча зрения на первых рядах будет намного больше, чем на последних ($C_1 >> C_2$), что является экономически невыгодным.

Самый выгодный и удобный способ построения профиля трибун — по ломаной линии. Этот вариант сочетает в себе два качества:

- соблюдение условий видимости;
- удобство привязки профиля трибун к несущим конструкциям.

Построение профиля трибуны можно вести двумя методами — аналитическим и графоаналитическим.

При построении профиля по ломаной линии трибуна делится на группы рядов, в границах каждой из которых строится свой профиль по наклонной прямой. Количество рядов в группе принято считать кратным числу десятков рядов проектируемой трибуны или на единицу больше; при этом число рядов в следующей группе должно быть равным или большим, чем в предыдущей.

Построение профиля трибуны по ломаной линии состоит из последовательного (аналитического или графоаналитического) определения профиля каждой группы рядов трибуны, начиная с ближайшего к наблюдаемой точке F. При этом последний ряд каждого отрезка принимается за первый ряд последующего отрезка.

Положение глаз зрителя по вертикали принято считать от пола ряда на расстоянии 1,2 м для сидящего зрителя и 1,65 м — для стоящего.

Расстояние от фокуса до глаза зрителя по горизонтали принимается до задней границы каждого ряда.

При аналитическом способе построения (рис. 9) местоположение глаз зрителя последнего ряда трибуны относительно фокуса F определяется по формулам

$$y_i = x_i / x_0(C \cdot n + y_0); \quad (1)$$

$$x_i = x_0 + n \cdot d, \quad (2)$$

где C — величина превышения луча зрения, м; x_0 — расстояние по горизонтали от фокуса до глаз зрителей первого ряда, м; x_i — то же до глаз зрителей

последнего ряда, м; y_0 — расстояние по вертикали от фокуса до глаз зрителей первого ряда, м; y_i — то же до глаз зрителей последнего ряда, м; n — число промежутков между рядами (число рядов трибуны минус единица); d — принятая в проекте глубина ряда, м.

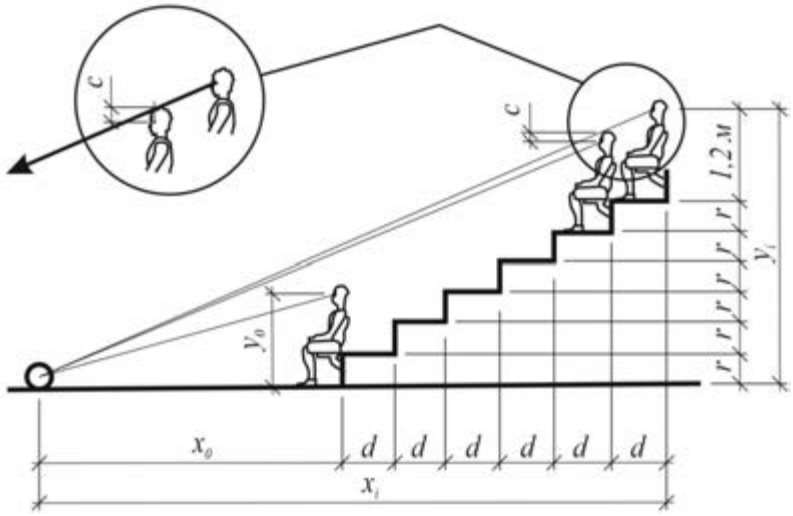


Рис. 9. Построение профиля трибуны по наклонной прямым аналитическим методом

Высота подступенков r определяется по формуле

$$r = (y_i - y_0) / n. \quad (3)$$

При графоаналитическом способе построения наносятся местоположения точек F, x_0, y_0. Затем построение профиля осуществляется в последовательности:

1) над местоположением глаз зрителя первого ряда по вертикали откладывается общее превышение луча зрения зрителя последнего ряда $f = C \cdot n$;

2) вертикаль в точке, соответствующей местоположению глаз зрителей последнего ряда, восстанавливается посредством использования количества рядов трибуны m и глубины каждого ряда d; положение глаз зрителей последнего ряда определяется с помощью продолжения прямой, соединяющей точку A с фокусом F до пересечения с проведенной вертикалью;

3) определение положения глаз зрителей каждого ряда происходит путем соединения прямой линией положения глаз зрителей первого и последнего рядов и восстановления вертикали для каждого ряда;

4) получение отметки пола каждого ряда; профиль трибуны выстраиваем с помощью отложения от положения глаз зрителей по вертикали вниз величины y_0 (1,2 м на трибунах для сидений или 1,65 м на трибунах для стояния).

Если полученный профиль будет иметь уклон, превышающий допустимый, следует изменить местоположение фокуса (увеличить расстояние между краем поля и первым рядом трибун) и произвести новое построение.

При построении профиля трибуны по ломаной линии высота подступенков определяется для каждого отрезка профиля.

Строительная высота трибуны с профилем по наклонной прямой определяется как произведение высоты подступенка *r* на число промежутков *n* между рядами.

Строительная высота трибуны с профилем по ломаной линии определяется как сумма высоты профилей каждого отрезка.

Прямой графический метод построения профиля трибун

В данной исследовательской работе разработан и на примере разобран один из методов построения трибун.

Для проектируемого сооружения, как и для других больших стадионах, используются комбинированные трибуны, где нижний ярус земляной, а верхние — на опорных конструкциях. Такое решение в прямом смысле слова заглубляет стадион в грунт, что впоследствии позволяет вместить большое количество людей.

На стадионах с вместимостью более 40 тыс. земляной ярус в разрезе делается на трех столбчатых фундаментах, соединенных между собой наклонными балками. Чтобы узнать высоты опорных конструкций, выполняется расчет профиля трибун.

Первое, с чего начинается построение профиля трибун, — это прорисовка главных ориентиров: край поля, точка фокуса, начало зрительской зоны, возвышение первого ряда трибун над игровым полем (рис. 10).

Второе — необходимо выбрать глубину ряда. В СП 285.1325800.2016 «Стадионы футбольные. Правила проектирования» прописано, что минимальная глубина ряда равна 800 мм и не менее 1400 мм для инвалидов на креслах-колясках. В нашем проекте будет использоваться глубина ряда 860 мм и 1500 мм для лиц с ограниченными возможностями на креслах-колясках. Также в своде правил прописана высота зрителя в сидячем положении — 1200 мм.

Третий и самый главный этап — это построение лучей видимости зрителя (см. рис. 4):

- от уровня пола первого ряда откладываем вверх по вертикали 1200 мм, что указывает на уровень глаз зрителя первого ряда;
- соединяем наблюдаемую точку (фокус) с уровнем глаз зрителя первого ряда, получаем луч зрения;
- откладываем вверх от луча зрения превышение *C*, равное 150…140 мм;
- соединяем верхнюю точку превышения и фокус; далее продлеваем этот луч зрения до 2-го ряда трибун;
- откладываем вниз 1200 мм и получаем приближенное значение подступенка;
- округляем значение и получаем значение подступенка для группы рядов не более 10 (так как превышение *C* с каждым рядом уменьшается и не должно быть менее 100 мм).

В итоге мы получаем группу рядов, построенную прямым графическим методом, только не сверху вниз, а, наоборот, снизу вверх. Такой способ дает возможность приближенно находить значение подступенка и изменять его уже по своему усмотрению. Основное — это то, что прямое построение позволяет избежать критических углов и излишнего возвышения трибун последнего ряда, что впоследствии оказывает влияние на общую высоту сооружения.

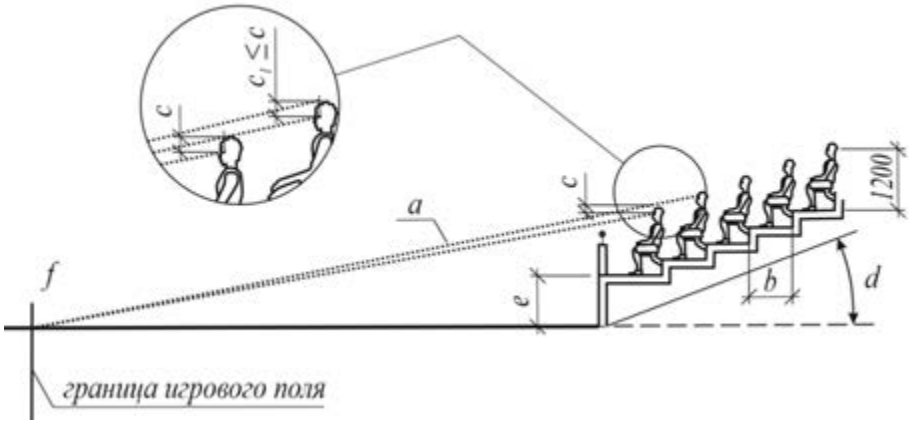


Рис. 10. Построение профиля трибун: *a* — луч зрения (линии видимости); *b* — глубина ряда (не менее 800 мм); *c* — нормируемая величина превышения луча зрения (значения величины *C* см. в табл.); *d* — угол подъема трибуны (не более 34 град.); *e* — возвышение первого ряда трибуны над игровым полем

Таким образом, при многократном использовании прямого графического метода получается ломаная кривая, которая в некоторой степени повторяет естественное изменение положения лучей зрения зрителей, что, в свою очередь, ведет к снижению трудозатрат и стоимости здания в целом, а также придает объекту архитектурную выразительность (рис. 11 и 12).

Рис. 11. Разрез по короткой стороне поля

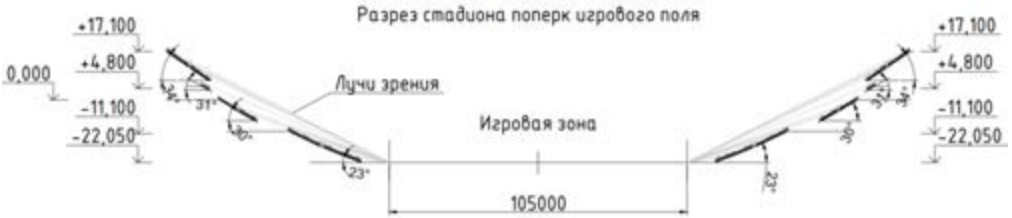


Рис. 12. Разрез по длинной стороне поля

Рассмотрим болеее подробно некотрые части профиля трибун для наглядности (рис 13).

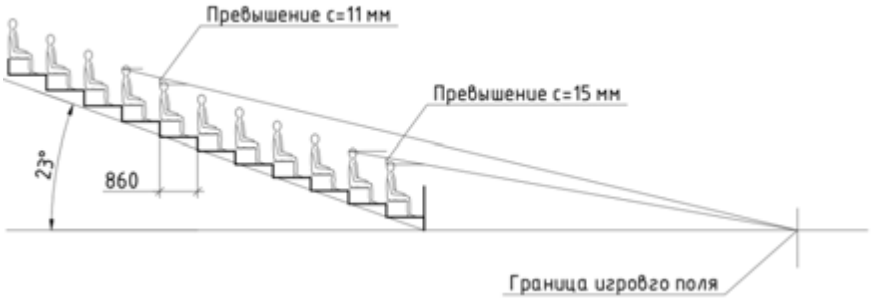


Рис. 13. Ближайшая группа рядов к краю поля

Когда сформирован профиль трибун, требуется создать общую схему расположения зрительских мест на трибунах. Схема расположения зрительских рядов строится с учетом предельного удаления наблюдателя 190 м с опорой на разрезы поперек и вдоль поля (рис. 14).

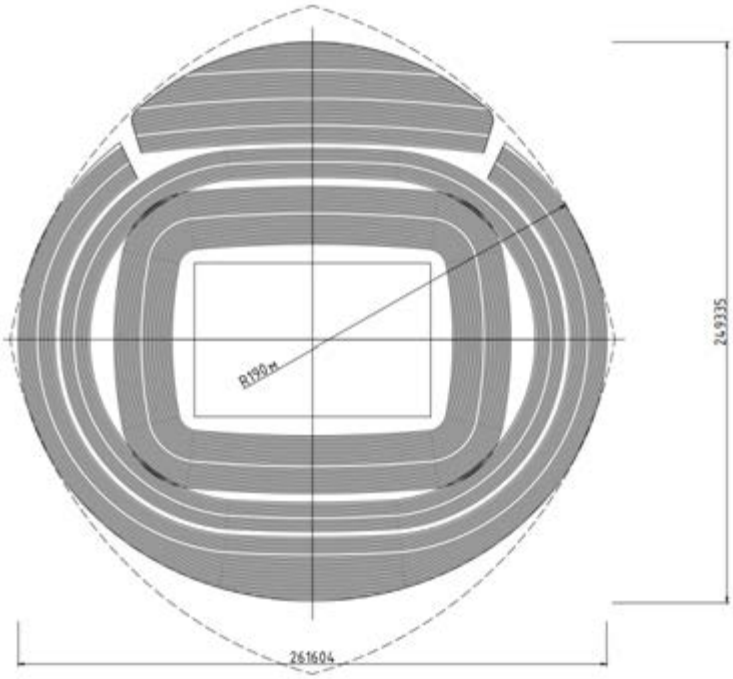


Рис. 14. Схема расположения зрительских рядов на трибунах

После того как стадион получил форму, он обретает скелет — каркас. В данной работе, как традиционно и предусматривается, конструктивная схема выполнена в монолитном железобетонном каркасе (рис. 15). Представленная конструкция подробно рассмотрена в трудах В. В. Гранева [20] и Н. Г. Келасьева [21] и является оптимальной с точки зрения экономических и трудовых затрат. Объем стадиона разделен на блоки для обеспечения целостности конструкции при климатических воздействиях и возникновении неравномерных осадок фундаментов (рис. 16).

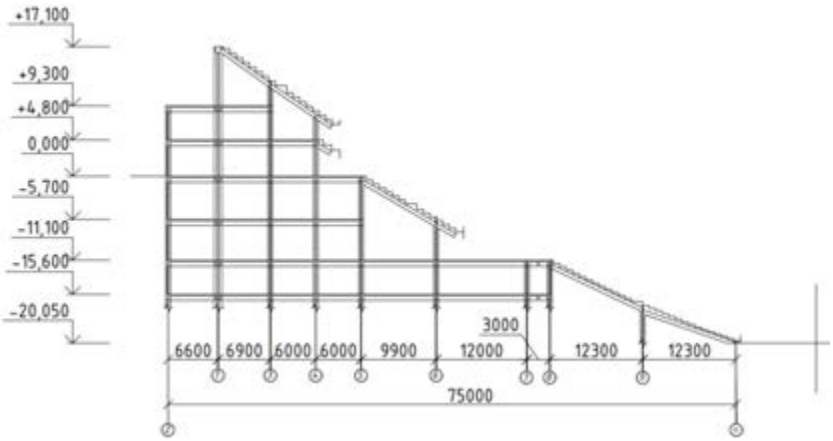


Рис. 15. Секция трибуны

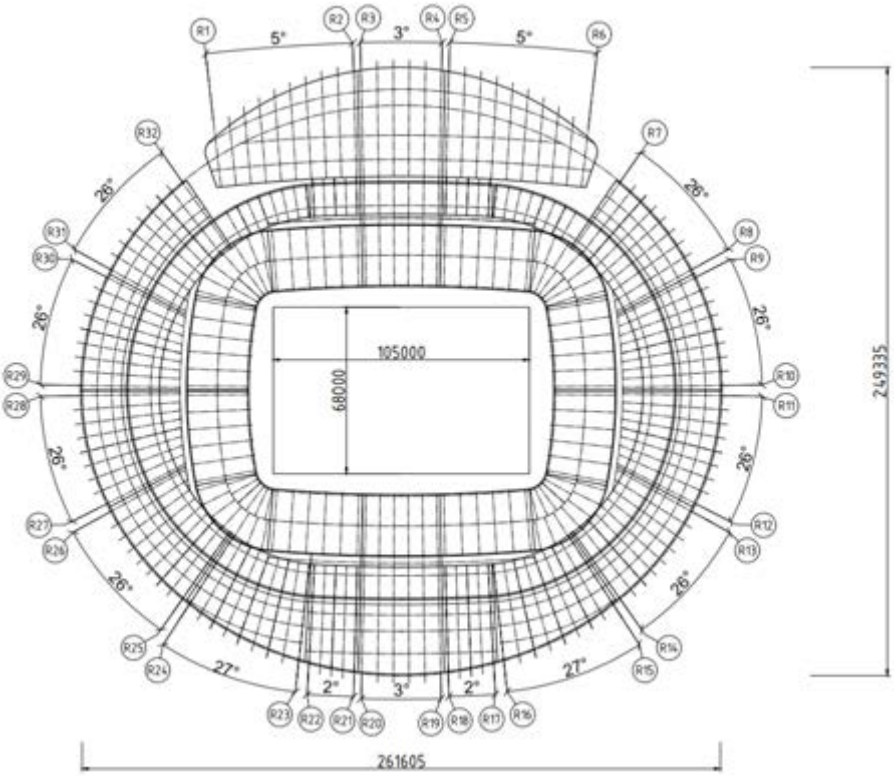


Рис. 16. Разбивка плана на оси и блоки трибун

Конструктивная схема одной из секций трибун показывает сложность проектирования сооружений такого класса. В целом стадион разбивается на 34 секции, 14 из которых уникальны. Одна из блок-секций показана на рис. 17. Между частями предусмотрены деформационные швы, необходимые для уменьшения влияния неравномерных осадок фундаментов на

конструкции стадиона. Исследования на данную тему представлены у A. I. Nagibovich [22] и В. В. Орехова [23]. Нижняя часть стадиона заглубляется на 20 м в грунт, что, в свою очередь, ведет к уменьшению ветровых нагрузок и экономии материала. Конструкция стадиона должна воспринимать динамические нагрузки, создаваемые зрителями. Подробно вопросы влияния динамических нагрузок освещали в своих работах Р. В. Шипилов [24] и A. I. Nagibovich [22].

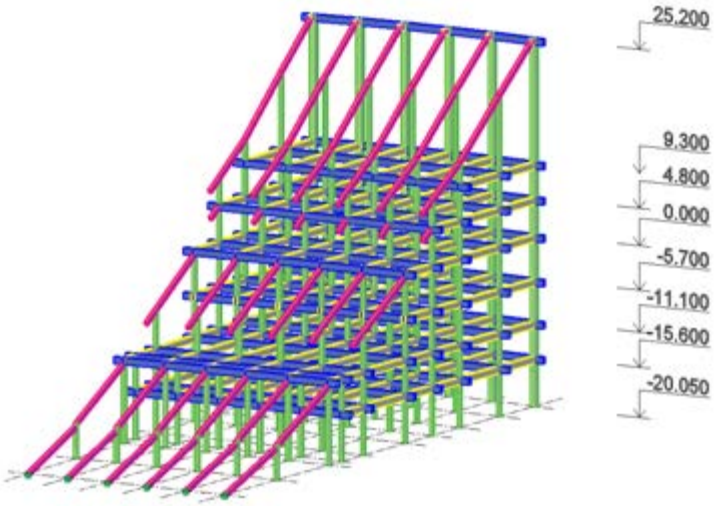


Рис. 17. Один из блоков трибун

Выводы

1. В результате выполненного обзора конструктивных схем трибун установлено, что наиболее рациональными являются комбинированные системы, в которых сочетается земляной ярус и ярус на опорных конструкциях.

2. В ходе обзора методов построения профиля трибун был разработан прямой графический метод, который является более простым и экономичным по сравнению с существующими аналогами, что достигается варьированием превышения луча зрения *C* зрителя в допустимых значениях.

3. Установлен алгоритм расчета профиля трибун методом прямого графического построения.

4. На примере здания футбольного стадиона вместимостью шестьдесят тысяч зрителей разработана архитектурная форма сооружения с учетом выполнения требований норм в части обеспечения видимости в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

5. По результатам моделирования получена конструктивная схема расположения трибун стадиона: 34 секции трибун, выполненных в монолитном железобетонном каркасе.

Заключение

Стадион — это сложный и уникальный строительный объект, который проектируется в зависимости от условий безопасности и вместимости. На текущий момент в нормативных документах не прописана методика создания архитектектурной и конструктивной формы по указанным выше критериям, а

даны общие, часто не согласовнные между собой рекомендации. С отмеченными особенностями предпроектных работ, связанных с компоновкой габаритных размеров в плане и по высоте, сталкивается каждый, кто изучает требования, проходит этапы построения профиля трибун и плана рядов. На следующем этапе проектирования, после построения профиля трибун форма представленного в работе стадиона обретает скелет — несущие конструкции, которые должны обеспечивать безопасное и комфортное пребывание зрителей во время представления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дадаев Я. Э., Шамилев С. Р.* Динамика изменения численности спортсооружений в субъектах ЮФО // Экономика. Бизнес. Информатика. 2016. Т. 2. № 1. С. 189—203.

2. *Palvarini P., Tosi S.* Toward a new management of football: The new Juventus stadium as a private public policy // Ninth European Association for Sociology of Sport (EASS) Conference (Berne, Switzerland, June 20—23), 2012.

3. *Левченко П. Ю.* Трибуны и подтрибунные конструкции как важный фактор в формировании конструктивной схемы и пространственной модели спортивных стадионов // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ студентов Ин-та стр-ва и архитектуры, Москва, 12—16 марта 2018 г. М. : Нац. исслед. Моск. гос. строит. ун-т, 2018. С. 796—797.

4. *Moormann C., Moormann H. R.* A study of wall and ground movements due to deep excavation in soft soil based on worldwide experiences // Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground : Proceedings of the Third International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground IS-Toulouse 2002. Toulouse, France, Oct. 23—25, 2002. Toulouse, 2002. Pp. 234—238.

5. *Завгородний А. М., Тулупова С. О.* Особенности строительства стадионов // БСТ: бюллетень строительной техники. 2018. № 11(1011). С. 65.

6. Определение оптимальных геометрических параметров стадиона «Арена-Днепр» / В. Р. Касимов, Ю. В. Сивоконь, В. И. Римшин и др. // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10(77). С. 361—364.

7. *Федорова О. В., Янковская Ю. С.* Трибуны как элемент трансформации в спортивном сооружении // Новые идеи нового века : материалы междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. 2013. Т. 3. С. 369—372.

8. *Барнабишвили Е. Н.* Общая теория архитектурного проектирования стадионов. М. : ТбилЗНИИЭП, 1976. 263 с.

9. Трибуна зрелищного сооружения : пат. 2033511 C1 Рос. Федерация, МПК E04H 3/12 : № 94001127/33 ; заявл. 24.01.1994 ; опубл. 20.04.1995 / Б. П. Богданов, В. К. Кудаков, С. К. Сущев, Г. В. Федоров.

10. *Виршилло Р.* Спортивные сооружения. Проектирование и строительство. Варшава : Аркады, 1968. С. 353—355.

11. *Лунина М. С.* Уникальные здания. Особенности формообразования спортивных объектов // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 1—30 мая 2015 г. Белгород : Белгор. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова, 2015. С. 1824—1829.

12. *Винницкий М. В., Третьяков Д. И.* Художественно-образный потенциал большепролетных конструкций в формообразовании стадионов // Новые идеи нового века : материалы междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. 2021. Т. 1. С. 85—89.

13. *Океанов Г. В., Гоголкина О. В., Астахова Т. И.* Проблемы формообразования большепролетных покрытий современных стадионов и математические алгоритмы в архитектурном творчестве // Наука, образование и экспериментальное проектирование : тр. МАРХИ : материалы междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2—6 апр. 2018 г. М. : Моск. архитектур. ин-т (Гос. акад.), 2018. С. 519—522.

14. *Якимив П. В.* Принципы и механизмы разработки конструкций трибун зданий футбольных стадионов // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тез. докл., Волгоград, 26—30 апр. 2021 г. Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2021. С. 456.

15. Stadiums — the present and the future / V. Milosevic, N. Cekic, M. Igic et al. // Технические науки: интеграция науки и практики : сб. материалов междунар. науч. конф., Москва,

26—28 нояб. 2014 г. / Под ред. В. Я. Ушакова. М. : Междунар. центр науч.-исслед. проектов, 2014. С. 120—127.

16. *Логоватовская Е. С.* Современные архитектурные решения спортивных комплексов // Аспирант. 2017. № 10(36). С. 66—70.

17. *Аникина П. В., Кудрявцева С. П.* Формирование объемно-планировочной структуры футбольного стадиона и его взаимосвязь с конструктивным решением // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи — развитию науки и образования : материалы V Междунар. науч. форума молодых ученых, студентов и школьников, Астрахань, 26—29 апр. 2016 г. / Под общ. ред. Д. П. Ануфриева. Астрахань : Астрахан. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2016. С. 56—62.

18. *Пономаренко А. М., Жигулина А. Ю.* Современные большепролетные спортивные сооружения России // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Архитектура и дизайн : сб. ст. / Под ред. М. И. Бальзанникова, К. С. Галицкова, Е. А. Ахмедовой. Самара : Самарский гос. архитектур.-строит. ун-т, 2016. С. 118—122.

19. *Dormidontova T. V.* Operational safety assessment of stadium stands // Procedia Engineering. 2015. Vol. 111. Pp. 164—169. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.07.071.

20. *Гранев В. В., Келасьев Н. Г.* Особенности конструктивных решений футбольного стадиона на 45 000 зрителей в Ростове-на-Дону // Деловая слава России. 2015. № 50. С. 28—30.

21. *Келасьев Н. Г., Келасьева И. В.* Опыт проектирования и строительства футбольного стадиона на 45 000 зрителей в г. Казани // Бетон и железобетон — взгляд в будущее : науч. тр. III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону : в 7 т. Москва, 12—16 мая 2014 г. М. : Моск. гос. строит. ун-т, 2014. С. 287—295.

22. *Nagibovich A. I.* Superelement Simulation Technique of Dynamics for Large-Size System “Base — Reinforced Concrete Structures — Metal Structures”. Verification and Approbation // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2019. Vol. 15. No. 4. Pp. 123—132. DOI: 10.22337/2587-9618-2019-15-4-123-132.

23. *Орехов В. В., Алексеев Г. В.* Взаимодействие комплекса сооружений с грунтовым основанием // Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. № 2(28). С. 1. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.2.1.

24. *Шипилов Р. В., Манапов А. З., Перикова Е. С.* Анализ возможных динамических нагрузок на конструкции трибун спортивных сооружений // Изв. Казан. гос. архитектур.-строит. ун-та. 2009. № 1(11). С. 143—148.

© Якимив П. В., Голиков А. В., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Якимив П. В., Голиков А. В. Принципы формообразования трибун футбольных стадионов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 499—513.

Об авторах:

Якимив Павел Владимирович — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; pyakimiv02@gmail.com

Голиков Александр Владимирович — канд. техн. наук, доц. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; alexandr_golikov@mail.ru

Pavel V. Yakimiv, Aleksandr V. Golikov

Volgograd State Technical University

PRINCIPLES OF SHAPING GRANDSTANDS FOOTBALL STADIUMS

The stadium is the main venue for performances and competitions for various purposes. The main part of the stadium is the stands. The spectator forms the image of the building, as the tribunes are the form-forming structures of the whole stadium. In this research work considered a number of

issues: the shape of the stands, constructive methods of placing grandstands in the plan and the height, the basic rules and recommendations for their design, the methods by which to create a profile of the grandstands, taking into account the visibility of objects. The results of the work done are illustrative examples of grandstands and structural solutions for individual sections of the stadium.

K e y w o r d s: stadium, structural scheme, grandstands, architectural expression, visibility conditions, architectural form.

For citation:

Yakimiv P. V., Golikov A. V. [Principles of shaping grandstands football stadiums]. *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], 2022, iss. 3, pp. 499—513.

About authors:

Pavel V. Yakimiv — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pyakimiv02@gmail.com

Aleksandr V. Golikov — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; alexandr_golikov@mail.ru

УДК 72.03

П. П. Олейников, О. Г. Мельникова

Волгоградский государственный технический университет

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ЦАРИЦЫНЕ — СТАЛИНГРАДЕ

В статье проанализирован более чем столетний период развития и трансформации прибрежных территорий города. Выявлены основные проблемы, связанные с проектированием речных причалов, набережных, рекреационных зон, а также представлены проекты развития прибрежных территорий на всем протяжении Волги, от Нижних поселков Сталинградского тракторного завода, завода «Баррикады», «Красный Октябрь» до набережных в центре города и в Красноармейском районе.

Ключевые слова: Царицын, Сталинград, Волгоград, Волга, набережные, проекты планировки, архитекторы, строители, благоустройство, жилые поселки.

Царицын. Город в конце XIX — начале XX века, как и Россия в целом, переживал промышленный подъем, связанный с развитием транспорта, промышленности, лесопереработки. Волжские берега города представляли собой территории, практически полностью занятые причалами пароходств, водокачкой (рис. 1, 2), лодками, белянами с лесом и плотами. Все это занимало многие километры от Нобелевского городка до Ельшанки и далее до Сарептского затона (рис. 3). В этот период времени благоустройство набережных Царицына сводилось к устройству деревянных пешеходных мостов, позволяющих людям подниматься по склонам на верхнюю террасу, в некоторых местах (в центре) стали появляться зеленые скверы.

Рис. 1. Общий вид водокачки. Царицын. Фото М. Дмитриева. 1894 г.

Рис. 2. Набережная Царицына. 1890 г.

Рис. 3. Причалы у Нобелевского городка

Строительство в 1862 г. Волго-Донской железной дороги, между Царицыном и Калачом-на-Дону, существенно повлияло на трансформацию и прибрежной полосы, сначала во второй части города, где на берегу Волги была открыта станция «Волжская», а с 1901 г. — и в центре Царицына, когда была построена станции «Соляная» и железнодорожное полотно было продолжено к Нобелевскому городку [1, 2]. Тем самым с градостроительной точки зрения была заложена «мина замедленного действия»: выход к Волге был перекрыт построенной вдоль кромки береговой линии железной дорогой. Это создавало дополнительные трудности при разгрузке речных судов с товарами,

пассажирские переправы также имели многочисленные претензии к останавливающимся железнодорожным составам, ожидающим погрузки или выгрузки. Не спасало и то, что железнодорожные станции пытались регулировать график движения товарных поездов: при возрастающих потоках грузов это давало небольшой эффект. Еще более усугубилась ситуация с пуском электрического трамвая в Царицыне. 14 декабря 1914 г. введена в эксплуатацию вторая трамвайная линия от Купеческой пристани на берегу Волги до полицейского управления на ул. Воронежской (рис. 4) [1].

Рис. 4. Городской трамвай на берегу Волги в 1930 г. Публикуется впервые. Музей архитектуры Царицына — Сталинграда — Волгограда

Были и другие примеры застроек береговой линии, повлиявшие на формирование прибрежных территорий Царицына, но в большей степени — позже — это затронуло Сталинград, когда город значительно расширил свои границы. В 1880 г. севернее Царицына появились постройки нефтепромышленников братьев Нобелей, здесь стали появляться сооружения для перевалки бакинской нефти и отправки ее в центр России, а позже — на Донбасс и в Крым [3]. Нобелевский городок в те времена представлял собой обособленное поселение с жилыми поселками, с телефонной сетью — одной из первых в России. Царицынская городская Дума 18 декабря 1897 г. принимает постановление о продаже в собственность Уральско-Волжскому металлургическому обществу участка земли под строительство завода, который также имел выход к Волге, обусловлено это было технологическими требованиями, связанными с большой потребностью предприятия в воде[1]. Хотя Царицынская городская дума предлагала разместить завод западнее города, это не нашло поддержки среди гласных. И вновь вдоль берега появляются многочисленные речные причалы для нужд завода.

Таким образом, развитие прибрежных территорий в Царицыне в основном было связано с обеспечением промышленных предприятий поставками оборудования, товаров с помощью речных перевозок за счет устройства вдоль береговой линии многочисленных причалов, контор, складских зданий, стоянок судов и обработки многочисленных плотов (рис. 5, 6).

[1] Государственный архив Саратовской области (ГАСО). Ф. 25. Оп. 1. Д. 327. Л. 119—122 об.

Рис. 5. Станция «Волжская» на берегу Волги во 2-й части города

Рис. 6. Плоты на Волге

В нескольких сотнях метров, к северу от центра береговая линия выглядела совершенно неблагоустроенной: крупные овраги, заваленные мусором, бытовые стоки от близлежащих жилых зданий, стекающие к Волге, — это была типичная картина прибрежных территорий в Царицыне (рис. 7). И только на верхних ярусах берегового склона Волги в центральной части города нашлись места для строительства административных, общественных зданий и жилья, при этом связь с береговой линией осуществлялась по длинным деревянным лестницам на деревянных стойках (рис. 8).

Транспортная связь между нижней и верхней террасами берегового склона осуществлялась с помощью взвозов, замощенных булыжником. Сами береговые склоны имели овражистый рельеф, что создавало определенные трудности для устройства грузовых взвозов.

Рис. 7. Береговая линия и волжский склон в районе Никольской площади. Начало XX в.

Рис. 8. Царицын. Пристани на Волге. Начало XX в. Вдоль реки расположены: причалы, складские здания, проезжая часть, железнодорожные пути, проезжая часть, общественные здания (кассы, чайные), деревянные лестницы для подъема на верхний ярус

Сталинград. В работе «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия» А. В. Антюфеев и Г. А. Птичникова отметили: «Тема развития советского города в конце 1920—1930-х гг. — соцгорода — направление исследований, которое требует глубокого осмысления и изучения» [4]. Градостроительная традиция периода XVIII—XIX вв. актуализировалась в 1930-е гг. В этот период основополагающей становится идея города как единого ансамбля [5]. В полной мере это относилось и к Сталинграду.

Новый этап модернизации территорий города, в том числе прибрежных, наступил в конце 1920-х гг. Были предприняты первые попытки по перепланировке Сталинграда. В 1931—1932 гг. такую работу поручили выполнить бригаде ленинградских архитекторов-художников под руководством А. Е. Белогруда. Ими было сделано несколько вариантов генерального плана, в составе которого проектировался дом Советов в районе площади 9 Января. При этом комплекс был ориентирован на реку Волгу, создавая доминантный эффект в центральной части Сталинграда. Эта идея не была реализована строительством из-за невозможности развивать город за пределами проекта центра, предложенного архитекторами (рис. 9).

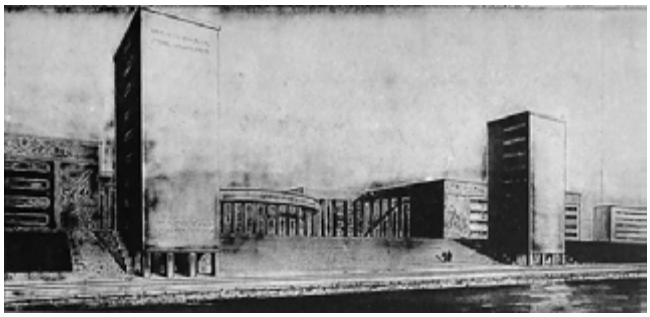


Рис. 9. Проект Дома Советов в Сталинграде. Перспектива со стороны Волги. 1931—1932 гг. Группа архитекторов Белогруда[2]

[2] Ежегодник общества архитекторов-художников. Вып. XIV. 1935.

В период индустриализации к северу от центра города возводится первенец тяжелого машиностроения — Сталинградский тракторный завод, он дал первые тракторы в 1930 г. Немногим ранее на берегу Волги начато строительство жилого Нижнего поселка завода. Реализация его планировочного решения — линейного города социолога Милютина — стала заметным вкладом в градостроительную науку того времени. Градостроительный план поселка предполагал следующую структуру застройки вдоль реки: парк, жилая зона, шоссе, зеленая зона, производственная зона [6].

Экономическая модель линейного города, сходная с теорией Милютина, была предложена американским ученым Г. Хотеллингом в 1929 г. Он утверждал, что линейная пространственная форма развития нашла отражение как наиболее эффективная для развития городской экономики в экономической теории [7]. Однако, как установил в своей работе Доксиадис, эти части городов не имеют центральной функции, а следовательно, не развиваются в города [8]. Посетивший Сталинград в 1931 г. немецкий архитектор Эрнст Май, исследуя планировку города, отмечал его протяженность и зависимость от реки [9, 10].

И в 1929 г. городские власти отказываются от линейной планировки, мотивируя это отсутствием дворовых пространств для защиты от иссушающих пустынных ветров в регионе. В 1935 г. группа московских архитекторов под руководством И. С. Николаева разрабатывает проект реконструкции СТЗ и Нижнего поселка СТЗ, а также набережной Волги (рис. 10—12) [11].

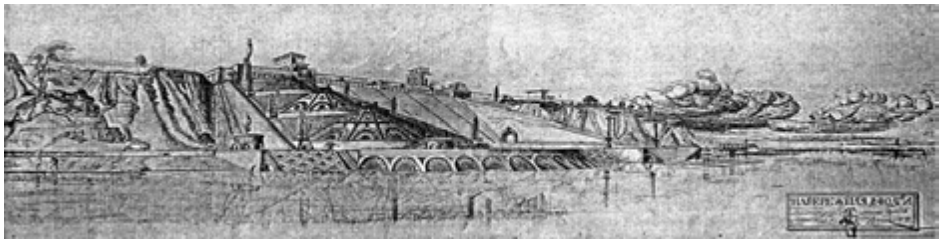


Рис. 10. Проект реконструкции Нижнего поселка СТЗ. Набережная Волги. 1935 г. Архитекторы И. Николаев, Е. Евдокимова[3]

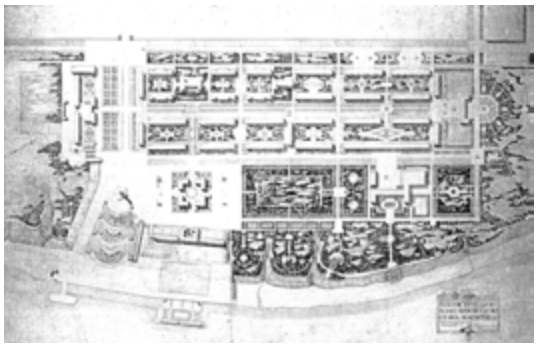


Рис. 11. Проект реконструкции Нижнего поселка СТЗ. 1935 г. Архитекторы И. Николаев, Е. Евдокимова[4]

[3] Государственный научно-исследовательский музей архитектуры имени А. В. Щусева (ГНИМА). Фотофонды. Колл. IX. Нег. 1470.

Рис. 12. Проект реконструкции Нижнего поселка СТЗ. Набережная Волги. 1935 г. Архитекторы И. Николаев, Е. Евдокимова[5]

Проектом реконструкции Нижнего поселка СТЗ предусматривалось устройство набережной на всем протяжении поселка. Здесь предусматривался большой парк, в его состав входил сад площадью 10 га. К 1937 г. в парке было высажено более миллиона цветочных растений. Главная входная аллея имела водный каскад, устраиваемый из трех переливающихся бассейнов, по сторонам главной аллеи также устраивались фонтаны, а в центре главной аллеи устраивался огромный фонтан, на строительство которого было выделено 25 тыс. руб. Сразу за водным каскадом устраивался детский бассейн. Парк оформлялся новыми скульптурами, декоративными вазами, грибками. Также полностью переоборудовалось освещение и строился летний кафе-ресторан.

Вся территория Нижнего поселка асфальтировалась, общая площадь покрытия составила более 16 тыс. м^2.

Немного выше по течению реки предполагалось устроить стадион на месте овражных территорий, в районе существующего яхт-клуба. Проводились большие планировочные работы, срезались и выравнивались склоны берега Волги, снятой землей засыпалось дно оврага. Всего планировалось переместить 200 тыс. м^3 земли. Тем самым образовывалась широкая долина, на естественных склонах которой планировалось соорудить трибуны стадиона на 10 тыс. зрителей. Со стороны Волги стадион должен был быть опоясан гранитной стеной. Работы по засыпке оврагов были начаты в 1936 г. Работу по благоустройству сильно затрудняли оползни. Именно поэтому в 1937 г. в Сталинград были приглашены специалисты Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института во главе со старшим геологом Пчелинцевым, они изучали оползни и овраги на береговой линии тракторного завода. Специалисты пришли к выводу, что главной причиной оползней является скопление вод под верхним песчаным слоем. Геологический разрез почвы на Мечетке показал, что шестиметровый песчаный слой лежит на шоколадной глине. Древние залегания, не пропускающие воду,

[4] Там же.
[5] Там же.

образуют здесь склон в сторону реки Мечетки. Подземные воды, концентрируясь на этом природном стоке, проникают под слой глины и разрушают берег. Было предложено и обоснованное решение — сделать сплошную дренажную прорезь длиной около трех километров (от берега Мечетки до западного конца ул. Советской) и заполнить ее камнем, щебнем и другим легко пропускающим воду материалом, а затем по лоткам спускать воду в русло Мечетки. Стоимость всех работ составляла солидную по тем временам сумму — 10 млн руб.

Набережная Волги обустраивалась также в районе завода «Красный Октябрь». Здесь перед проектировщиками возникли большие проблемы, связанные со сложным рельефом берегового склона. Работа была начата со строительства лестницы к реке, которая возводилась рядом с клубом инженерно-технических работников завода «Красный Октябрь». Из-за сложностей рельефа она была построена с изломами для обеспечения нормативного уклона (рис. 13).

Рис. 13. Лестница на набережной Волги в районе завода «Красный Октябрь». 1936 г. Архитектор А. И. Дремачев[6]

К середине 1930-х гг. городским властям становится ясно, что необходимо коренное переустройство прибрежных территорий в центре Сталинграда. Здесь набережная Волги представляла весьма неприглядное зрелище: кругом мусор, овражные склоны и покосившиеся, разнокалиберные жилые хибарки. Железнодорожная линия вдоль Волги, складские здания пароходства и причалы грузового порта — всего около сорока разных построек, которые никак не способствовали благоприятному восприятию при прогулках и отдыхе горожан.

Принимается постановление Сталинградского облисполкома «О планировке гор. Сталинграда», в котором, среди прочего, сказано: «Обратить особое внимание на разработку архитектурного проекта набережной, обеспечив достаточный надзор за осуществлением проекта в натуре»[7].

[6] ГНИМА. НВФ 1121-6.

[7] Государственный архив Волгоградской области (ГАВО). Ф. 2115. Оп. 1. Д. 110. Л. 31—33.

В 1935 г. начинаются проектные работы и строительство новой набережной. К этому времени прибрежные территории имели целых десять набережных, что было неудобно, поэтому горсовет назначил специальную комиссию, которая разработала проект переименования улиц и площадей. Набережные получили свои названия: Сталинская, Академическая, Бакинских Комиссаров, Декабристов и т. д. В процессе проектирования они имели и другие названия: набережная 1-й очереди, набережная 2-й очереди и т. п.

Для приведения в надлежащее состояние фасада города со стороны Волги институту «Крайпрогор» поручают разработать проект набережной в центральной части города. В разработке этого проекта на разных этапах, вплоть до 1941 г., принимали участие архитекторы А. Дворин, В. Кочедамов, А. Кулев, М. Цубикова, И. Иващенко, Ф. Амосов, А. Чекулаев, С. Меркулов, Лапотышкин, скульпторы М. Белашов и Е. Алексеева-Белашова, инженеры Б. Сиренко, Прибытко. Временно руководство работами в 1935 г. было поручено Улиско, затем начальником управления строительства набережной работал С. Архипов, техническим руководителем был назначен А. Сакс.

Созданная в 1935 г. специальная комиссия Крайкома партии начинает работать над новым, комплексным подходом по обоснованию основных принципов планировки набережной. Первым организационным предложением стало решение о переносе грузовых причалов ниже по течению реки, за Царицу, туда же переносился городской перевоз и водный трамвай[8]. В центральной части города остается пассажирский причал с новым капитальным водным вокзалом, который должен быть построен у водокачки и электростанции. Это центральная часть города, здесь существует широкий пологий выход к Волге, удобный для подъездов, которые должны будут соединяться кольцом у вокзала. В середине этого кольца предполагается построить большую красивую лестницу для пешеходов. Кроме этих работ, предполагалось приведение в порядок всей площадки вокруг устья Царицы от Астраханского моста до Волги. В этом случае Центральная часть набережной от Царицы до водокачки будет полностью благоустроена. Планом работ на 1936 г. предполагалось освоить 4,5 млн руб.

Основные идеи, заложенные в проекты благоустройства набережной, принадлежали молодому архитектору В. Кочедамову, который еще в 1931 г. спроектировал речной вокзал, построенный в 1932 г. (рис. 14, 15).

В. Кочедамовым предусматривалось проектирование проекта ресторана на месте снесенного храма Иоанна Предтечи в месте впадения реки Царицы в Волгу, центральная часть набережной отводилась под устройство грандиозной лестницы со скульптурой Сталина наверху (скульптор С. Меркулов) (рис. 16). Ее проект был утвержден в июле 1935 г. Проектное решение пятимаршевой лестницы предусматривало устройство двух верхних маршей по 12 ступеней и трех нижних — по 18 ступеней, с шириной площадок по два метра. На одной из площадок с обеих сторон устраивались ниши для отдыха. У верхней террасы ширина лестницы составляла 40 м, у нижней — 25 м. На верхней площадке спроектированы две колонны по 25 м высотой, наверху которых планировалось установить фонари и прожекторы[9].

[8] Сталинградская правда, декабрь 1935 г.
[9] Сталинградская правда, 9 августа 1935 г.

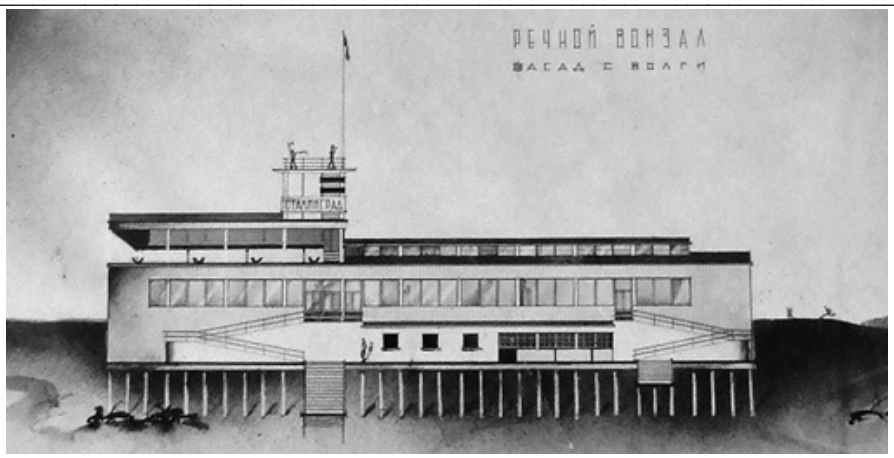


Рис. 14. Проект речного вокзала в Сталинграде. 1931 г. Архитектор В. Кочедамов[10]

Рис. 15. Речной вокзал в Сталинграде. Фасад со стороны города. 1933 г. Архитектор В. Кочедамов[11]

[10] Волгоградский музей речного флота.
[11] Архив В. И. Кочедамова.

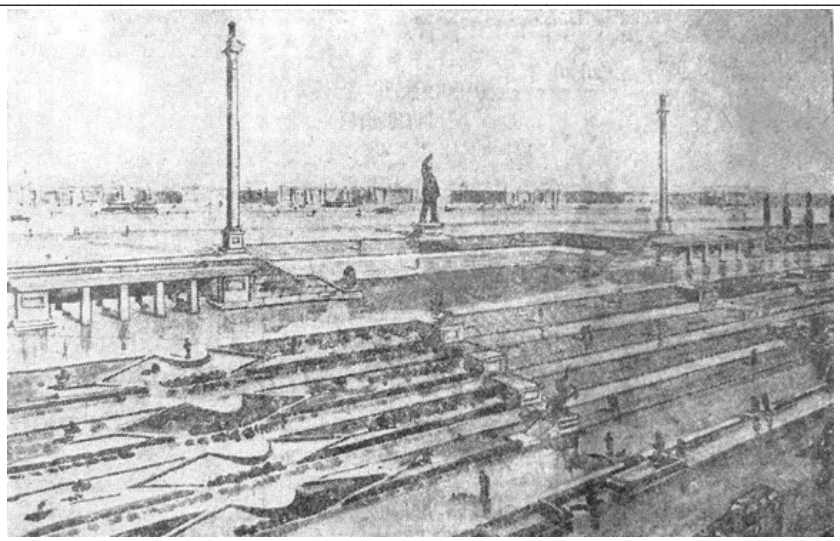


Рис. 16. Проект лестницы на набережной Сталинграда. 1935 г. Архитектор В. Кочедамов[12]

Планировочная структура набережной предусматривала устройство на нижней террасе откоса тротуара шириной 3,75 м, рядом с ним — зеленой зоны в 2,25 м, затем проектировалась двухпутная трамвайная линия общей шириной 9,4 м и проезжая часть в 11,5 м. Немного позже в проект была заложена велодорожка, все это асфальтировалось, а часть, занимаемая трамваем, выкладывалась брусчаткой. В местной прессе активно обсуждался проект набережной, высказывалось много критических замечаний, особенно относительно устройства трамвайной линии.

Работа по модернизации прибрежной территории в центре Сталинграда велась комплексно: одновременно проектировались новые и реконструировались существующие здания. В этот период на набережной построены дома специалистов (В. Кочедамов, И. Ткаченко), здание госбанка (М. Цубикова), ресторан «Шанхай» (В. Кочедамов), жилой дом НКВД (В. Кочедамов), ресторан «Метро» (А. Кулев). Реконструкции подвергся бывший Дворец купца Воронина, приспособленный под Дворец пионеров (Филлипов), и его расширение (Р. Ситчиков). В июле 1936 г. архитектурно-художественный комитет одобрил проект оформления одного из лучших уголков набережной напротив Дворца пионеров[13]. Здесь инженером Прибытковым спроектирована полукруглая колоннада, от которой пойдут две лестницы в сад. Под колоннадой размещалась трансформаторская будка (рис. 17, 18).

В том же году планировалось закончить электроосвещение части набережной, завод «Красный металлист» выполнил плавку 30 чугунных колонн для фонарей освещения, весом 2 т каждый. Проектные работы предусматривали благоустройство набережной вплоть до нефтесиндиката (бывший Нобелевский городок).

[12] Там же.

[13] Сталинградская правда, 18 июля 1935 г.

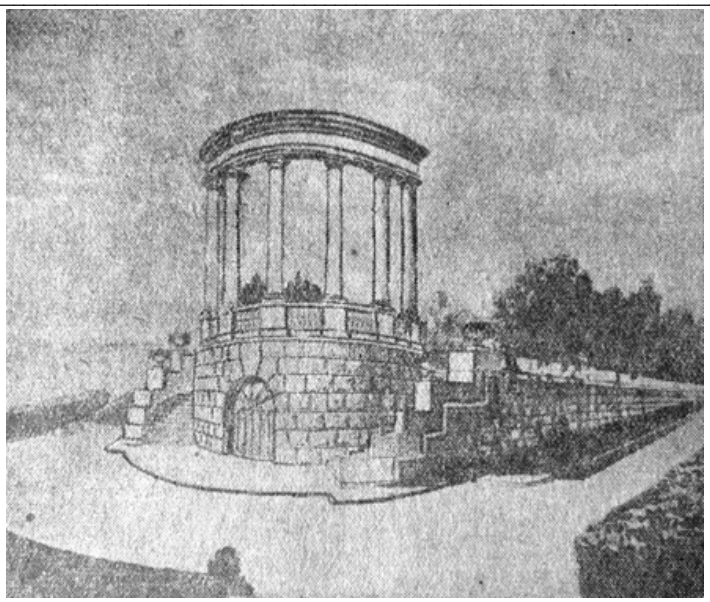


Рис. 17. Проект полуротонды на набережной. Архитектор Прибытко[14]

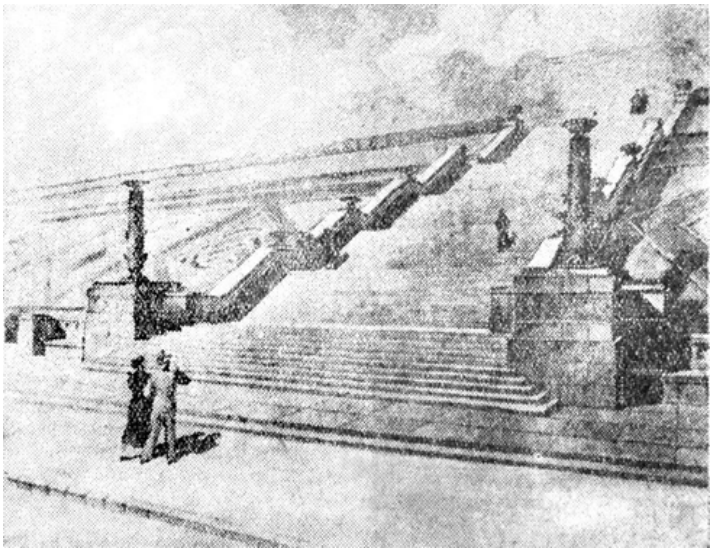


Рис. 18. Проект главной лестницы. Архитектор Прибытко[15]

Последующие 1938—1940 гг. проектировщики Сталинграда реализовывали идеи нового генерального плана города, выполненного Гипрогором под руководством архитектора Н. Солофненко. В центре города выполнен крупный проект застройки ул. Новосоветской, куда входила набережная на протяжении от ул. Халтурина до площади 9 Января. Проектом предусматривалась детальная планировка набережной Волги в этом районе.

[14] Сталинградская правда, 18 июля 1936 г.
[15] Сталинградская правда, 23 ноября 1935 г.

На рис. 19 представлена перспектива городского центра, выполненная в рамках реализации эскизного проекта городского центра. При разработке этого проекта в качестве опорных точек взяты Дом специалистов на 300 квартир, построенный в 1934 г. (справа на переднем плане), Дом физкультуры (бывшее Общественное собрание в Царицыне) и реконструируемый Центральный рынок. В центре площади проектируется величественное здание — памятник обороны Царицына, главным фасадом ориентированное на Волгу. Небольшая площадь перед ним переходила в торжественную эспланаду, идущую к нижнему ярусу набережной Волги. По оси Дома обороны, на берегу реки запроектировано трехэтажное здание речного вокзала. По обеим сторонам площади проектировались автомобильные съезды к нижней террасе набережной по пандусам вдоль откосов. Впервые запроектировано комплексное градостроительное решение набережной Волги, в котором разрешены проблемы благоустройства нижней и верхней террас, с устройством зеленых зон, парадных и второстепенных лестниц, грамотной планировкой откосов. Была упорядочена застройка вдоль набережной с решением транспортных проблем и рекреационных пространств. Предвоенные набережные Сталинграда за пять-шесть лет изменились самым существенным образом, были выполнены большие объемы проектных и строительных работ, это позволило горожанам отдыхать в благоустроенных парках, павильонах, кафе и ресторанах, наслаждаться прохладой и открывающейся панорамой заволжских далей (рис. 20, 21).

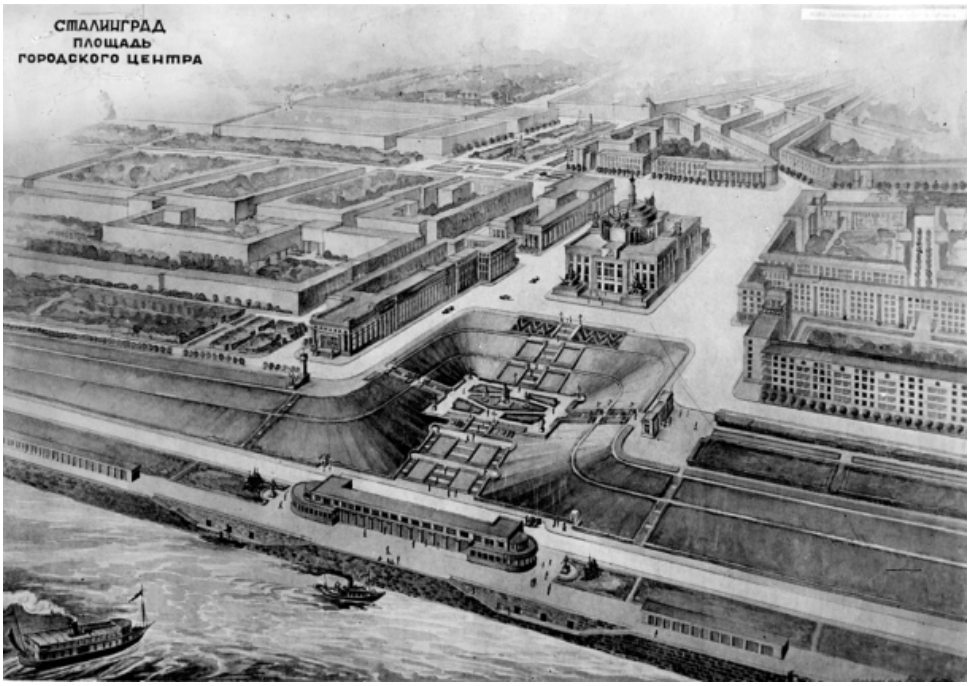


Рис. 19. Сталинград. Площадь городского центра. 1940 г. Архитектор Ф. П. Диденко (предположительно)[16]

[16] Музей-заповедник «Сталинградская битва». Фотофонды. ВП 578.

Рис. 20. Панорама набережной Сталинграда после 1939 г.: *1* — ресторан «Шанхай» (архитектор В. Кочедамов); *2* — новый плавучий речной вокзал из железобетона; *3* — Дворец пионеров (быв. дворец купца Воронина); *4* — ресторан «Метро», построен в 1939 г. (архитектор А. Кулев); *5* — ТЮЗ (быв. кинотеатр «Парнас»); *6* — Сталинградская картинная галерея (быв. немецкая кирха); *7* — Дом обороны (быв. дом Воронина); *8* — художественный техникум (быв. приют для девочек); *9* — Дворец физкультуры (быв. Общественное собрание); *10* — мясной корпус; *11* — дом на ул. Мариинской (быв. дом купца Смирнова); *12* — водокачка, построена в 1890 г.; *13*, *14* — Дом специалистов на 300 квартир (архитекторы В. Кочедамов, И. Ткаченко)

Рис. 21. Набережная Сталинграда. 1940 г.: в центре — памятник летчику Хользунову. Скульпторы М. Белашов, Е. Алексеева-Белашова, архитектор Лапотышкин; левее — полуротонда. Архитектор Прибытко[17]

Еще более грандиозными выглядели проекты прибрежных территорий Сталинграда конца 1930-х гг., но их реализации помешала начавшаяся Великая Отечественная война, и новые, послевоенные реалии стали основой для проектирования сталинградскими архитекторами и инженерами грандиозных сооружений, среди которых был реализован проект Центральной набережной — одной из лучших на Волге.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Материкин А. В.* Очерки истории Царицынской городской Думы. Ч. 1 (1797—1887 гг.). 2-е изд., перераб. Волгоград : Арт-линия, 2009. С. 190—191.

2. *Пругло Н. В., Заплавнова О. Г.* Народный транспорт Царицына — Сталинграда — Волгограда: из прошлого в будущее: к 100-летию трамвая, 50-летию троллейбуса / Под ред. М. Ф. Зозули, Е. Н. Богачевой, Л. П. Лопанцевой. Волгоград : Панорама, 2013. С. 112.

3. Краткие очерки развития химии, металлургии и химической науки Нижневолжского региона = Brief essays on the development of chemistry, metallurgy and chemical science in the Low-Volga region : моногр. / И. А. Новаков и др. Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. С. 41.

[17] Там же.

4. *Антюфеев А. В., Птичникова Г. А.* Рождение соцгорода: проект планировки Сталинграда 1929—1933 гг. // Вестн. Волгогр. гос. архитурн.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. Вып. 33(52). С. 184—193.

5. *Токарев А. Г.* Градостроительство Ростова-на-Дону в 1930-е гг.: от регулярной планировочной структуры к советскому городу // Вестн. Волгогр. гос. архитурн.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2011. Вып. 22(41). С. 149.

6. *Милютин Н. А.* Проблема строительства социалистических городов. Основные вопросы рациональной планировки и строительства населенных мест СССР. М. — Л. : Гос. изд-во, 1930.

7. *Hotelling H.* Stability in Competition // The Economic Journal. 1929. Vol. 39. No. 153. Pp. 41—57.

8. *Doxiadis C.* On Linear Cities // The Town Planning Review. 1967. Vol. 38. No. 1. Pp. 35—42. URL: https://www.jstor.org/stable/40079669.

9. *May E.* Stalingrad. Geschrieben 17. Januar 1931 // Frankfurter Zeitung, Frankfurt am Main 75. Jg., Nr. 62, 24. Januar 1931. S. 1—2.

10. *Flierl T.* Standardstädte. Ernst May in der Sowjetunion 1930—1933. Texte und Dokumente // Herausgegeben, eingeleitet und kommentiert von Thomas Flierl. Suhrkamp Verlag Berlin 2012. Edition suhrkamp 2643. 552 s.

11. Проблемы архитектуры : сб. материалов : т. I : кн. 2 / Под ред. А. Я. Александрова. М. : Изд-во Всесоюз. акад. архитектуры, 1936. 476 с.

© Олейников П. П., Мельникова О. Г., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Олейников П. П., Мельникова О. Г. Исторические аспекты трансформации прибрежных территорий в Царицыне — Сталинграде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 514—529.

Об авторах:

Олейников Петр Петрович — канд. техн. наук, проф. каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; poleynikov@mail.ru

Мельникова Ольга Геннадиевна — доцент каф. архитектуры зданий и сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; grafdesing@mail.ru

Petr P. Oleinikov, Olga G. Melnikova

Volgograd State Technical University

HISTORICAL ASPECTS OF THE TRANSFORMATION OF COASTAL TERRITORIES IN TSARITSYN — STALINGRAD

The article analyzes more than a century of development and transformation of the coastal areas of the city. The main problems associated with the design of river berths, embankments, recreational areas are identified, and projects for the development of coastal territories along the entire length of the Volga from the Lower settlements of the “Stalingrad Tractor” Plant, the “Barricades” plant, the “Red October” plant to the embankments in the city center and in the Krasnoarmeysky district are identified.

K e y w o r d s: Tsaritsyn, Stalingrad, Volgograd, Volga, embankments, planning projects, architects, builders, landscaping, residential settlements.

For citation:

Oleinikov P. P., Melnikova O. G. [Historical aspects of the transformation of coastal territories in Tsaritsyn — Stalingrad]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 3, pp. 514—529.

About authors:

Petr P. Oleinikov — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; poleynikov@mail.ru

Olga G. Melnikova — Docent of Architecture of Buildings and Constructions Department, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; grafdesing@mail.ru

УДК 72.719.03

А. Уралов

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

ГРАФИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЯ КОНЦА XVII ВЕКА — МЕДРЕСЕ ДОР УШ-ШИФО В БУХАРЕ

Приведены краткие сведения по истории формирования медресе в Средней Азии, выявлена методика проектирования бухарских архитекторов XVII века, и на этой основе выполнена графическая реконструкция здании медицинского центра — медресе Дор уш-Шифо, построенного в Бухаре в конце XVII века бухарским ханом Субхан Кули-ханом. Уточнены подлинные параметры здания Дор уш-Шифо в современных мерах длины и устоновлен пропорциональный строй основных частей здания.

Ключевые слова: Бухара, XVII век, общественные больницы, методика проектирования, модульная сетка, графическая реконструкция, пропорциональность размеров здания.

Известно, что в Средние века во всех крупных городах исламского мира, помимо различных других общественных зданий, строились и общест-венные больницы [1]. К лечебно-целебному классу общественных зданий, кроме больницы, относились и аптеки, бани, здания, построенные на термальных источниках (гармоба), а также ванные (обзан) [2]. Иногда на основе общественных больниц формировались медицинские центры, куда входили в основном здания больницы, медресе, библиотека и баня. Если здания общественных больниц назывались «бемористан» или «дор уш-шифо», то медицинские лечебные центры имели название «медресе дор уш-шифо». Один из таких центров был учрежден в конце XVII века в Бухаре бухарским эмиром Субхан Кули-ханом (1680—1702). Бухарский хан был пресвещенным, хорошо знал медицину, сам лечил больных и написал книгу «Ихйо ат-тибби Субхоний» («Субханкулиханская медицина»), которая неоднократно переиздавалась и переводилась на европейские языки. Его медицинский центр находился у главных ворот бухарского Арка с правой стороны на Регистане (рис. 1) [3]. Кроме Дор уш-Шифо, Субхан Кули-хан построил много других гражданских зданий не только в Бухаре, но и в Балхе. Среди них медресе, мечети, караван-сараи, хаузы и чарбаг.

Рис. 1. Бухарский Арк и Регистан в 70-х гг. XIX века. На левой стороне фотографии видна часть здании медресе Дор уш-Шифо

На фотографии (см. рис. 1), которая сделана во второй половине XIX века русскими миссионерами, на левой стороне хорошо видна часть этого центра. На рис. 2 мы видим медресе Дор уш-Шифо и Арк бухарской цитадели на Регистане в окружении других общественных зданий.

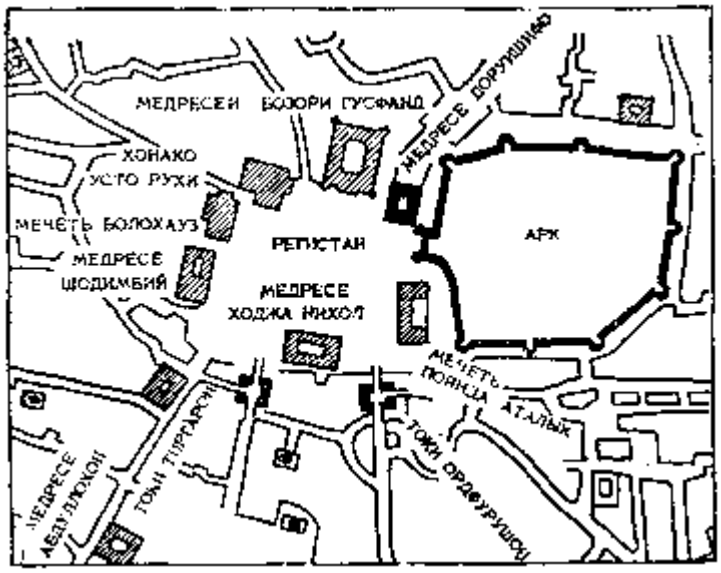


Рис. 2. Расположение медресе Дор уш-Шифо на бухарском Регистене

На фотографиях (рис. 3 и 4) видны фрагментарные изображения Дор уш-Шифо. На первой из них изображен вид здания сверху, который снят с бухарского Арка. Здесь мы видим внутренний дворик и купола зданий. На другой фотографии изображена перспектива Дор уш-Шифо. Эти фотографии 1930-х гг., когда здание пришло в упадок и имело полуразрушенный вид.

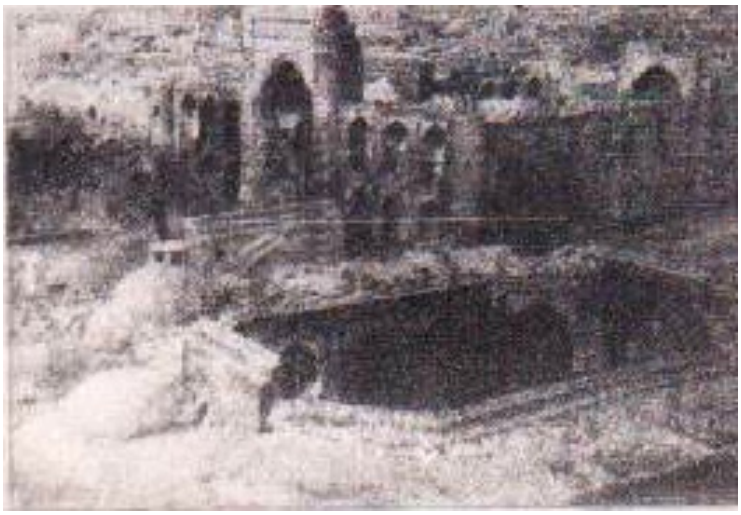


Рис. 3. Вид Дор уш-Шифо с бухарского Арка. Фото 30-х гг. XX века

Рис. 4. Перспективный вид Дор уш-Шифо в 30-х гг. XX века

По всей вероятности, медицинский центр Субхан Кули-хана функционировал до начала завоевания города русскими царскими войсками. Возможно, он функционировал частично и потом. Однако известно, что в 30-х гг. XIX века здание медресе Дор уш-Шифо полностью было разрушено в связи с чисткой территории бухарского Регистана. Нам удалось найти схему плана здания без указания каких-либо его размеров и масштаба (рис. 5) [4]: видно, что здание имело дворовую симметричную фасадную композицию с торцевыми башенками, что характерно и для других зданий медресе Бухары. Но, в отличие от них, данное здание имеет очень интересную композицию во внутреннем дворике. Углы двора рассечены холлами, которые позволяют войти во внутренние, расположенные в глубине помещения. Такая композиция плана редко встречается в Средней Азии, ее можно видеть в зданиях медресе стран Ближнего и Среднего Востока [2].

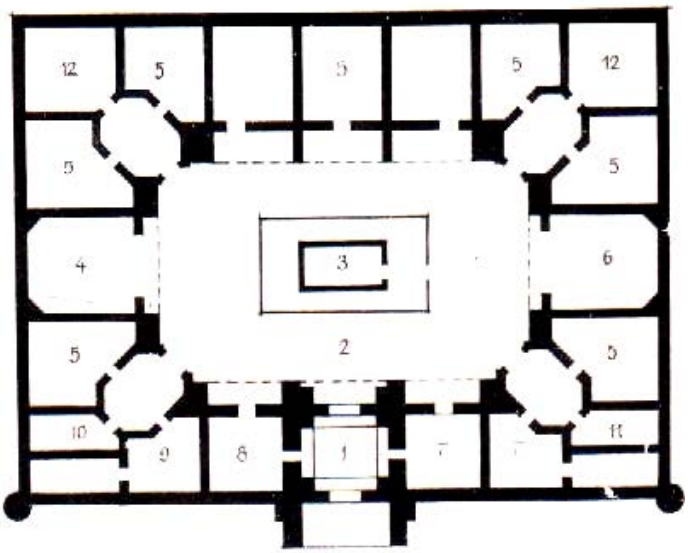


Рис. 5. Схематичный план медресе Дор уш-Шифо

Бухарский медицинский центр в плане имел такие помещения, как учебные аудитория, которые представлены летними большими полуоткрытыми айванами, библиотека, аптека, амбулатория, приемный покой, палаты, кухня, комнаты для врачей и помещения для медперсонала. Во внутреннем дворике размещалась сардоба (крытый хауз).

Известно, что данный медицинский центр Субхан Кули-хан посещал каждую неделю и был осведомлен и положении дел в медресе.

На основе имеющиеся старых фотографий и схемы плана Дор уш-Шифо мы попытались графически реконструктировать это интересное здание XVII века, не сохранившееся до наших дней, путем применения современных компьютерных программ AvtoCAD и Photoshop. В AvtoCAD разработаны план и фасад здания, его аксонометрия, в Photoshop осуществлена цветовая обработка здания.

Нашей целью было не воссоздать еще раз уже имеющуюся схему плана здания, а уточнить его подлинные параметры и установить пропорциональный строй всех частей здания, т. е. отыскать гармонию его архитектурных форм. И только таким образом, на наш взгляд, можно правильно воссоздать графическую реконструкцию здания медицинского центра. Для этого нами была поставлена задача прежде всего уяснить методику проектирования, которая применялась в XVII веке архитектором данного здания.

Ключом к решению данной задачи стали документы, обнаруженные проф. Н. Баклановым в архиве Бухарского архитектора XVI века [5]. Они содержали архитектурные чертежи зданий, строительство которых носило тогда наиболее массовый характер. Это были чертежи карван-сарая, рабата, т. е. постоялого двора, ханаки и сардобы. В свертке таких чертежей было восемь. Н. Бакланов, изучив эти чертежи, опубликовал их и пришел к выводу, что они являются теми документами, которые отображали методику архитектурного проектирования бухарского зодчего XVI века [5].

Смысл этого метода заключался в том, что зодчий, прежде чем вообразить план будущего здания, чертил на бумаге клетку, которая состоит из модульной сетки. На рис. 6 изображена копия одного из чертежей бухарского мастера. В данном случае это чертеж плана ханаки (здания суфиев). Построение архитектурной формы в нем основано на модульной системе, с помощью которой определялись пропорции планов, фасадов, интерьеров зданий, а также соразмерность частей и целого при разработке деталей архитектуры [6].

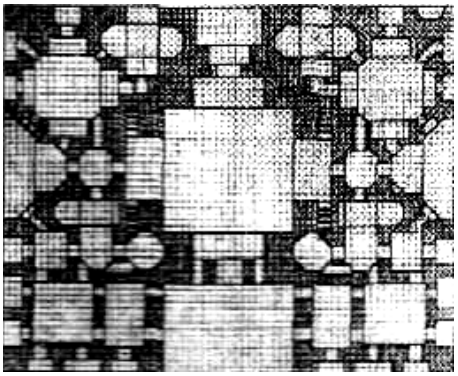


Рис. 6. План ханаки. Чертеж бухарского архитектора XVI века, обнаруженный Н. Баклановым

За модуль принимались размеры какого-нибудь важного или основного элемента плана здания. Такими чаще всего были пролет портала свода или внутренние размеры основного помещения здания. За модуль фасада часто брали половину пролета портального свода [6].

Функции модуля в Средней Азии исполняла средневековая мера длины (гяз), которая обычно была кратна укрупненному модулю. Численные соразмерности, основанные на простых целых числах, позволяли просто и надежно устанавливать любые пропорциональные отношения, и в этом заключалось совершенство этого архитектурного метода.

При воссоздании плана медресе Дор уш-Шифо XVII века мы основывались именно на этом историческом методе и определили, что бухарский зодчий модульную сетку использовал не только для определения композиции плана здания, но и для гармонизации архитектурных форм фасада и отдельных его деталей. Для разработки плана был принят основной модуль М, который равнялся половине портального свода Дор уш-Шифо (рис. 7). А для гармонизации и соразмерности форм элементов плана и фасада здания использовался малый модуль, равный одной четверти основного модуля. Кроме того, для осуществления строительства и установления размеров в гязах был принят и промежуточный модуль М1/2, равный половине основного модуля. Бухарский гяз в среднем был равен 60…62 см. Кроме того, использовался и шахский гяз, равный 120…124 см, т. е. удвоенный шариатский гяз [6]. Наиболее распространенной мерой длины была половина шариатского гяза (30…31 см). На стройке использовали мерную палку в 180…186 см, разделенную на шесть частей по 30…31 см с последующим делением каждой части на четыре пряди, т. е. «тутам» [7, 8]. Мерная палка была универсальным инструментом на строительной площадке. Чертеж, т. е. модульная сетка, исполнялся в произвольном масштабе, но зодчий точно знал, сколько мерных единиц содержит модуль, поэтому размеры на чертежах не проставлялись. При детализации плана и элементов фасада их соразмерности корректировались с помощью малого модуля и сетки гязов. Длина гяза, как правило, соответствовала ширине одного или несколько жженных кирпичей.

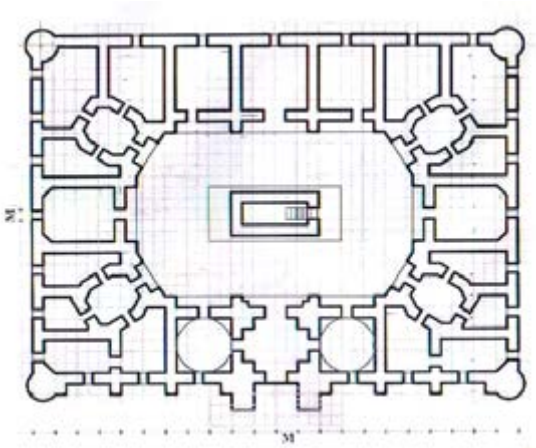


Рис. 7. План медресе Дор уш-Шифо на модульной сетке

Таким образом, на основе применения отмеченных выше мерных единиц в гязах и модульной системы, характерной для средневекового бухарского зодчества, мы определили, что соразмерность стороны плана здания исследуемого нами Дор уш-Шифо составляет 16 : 22 (рис. 8), что очень близко к пропорциям золотого сечения.

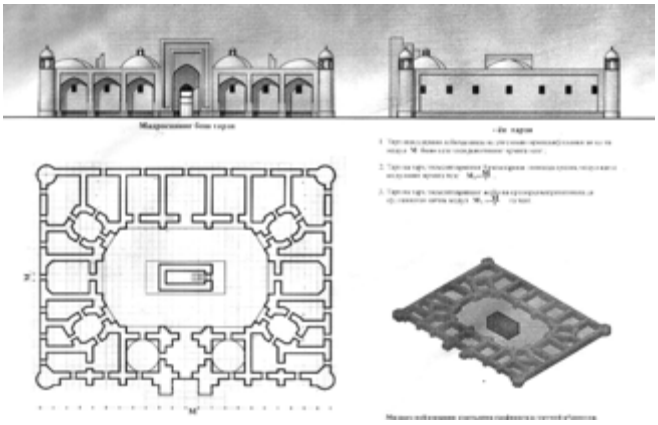


Рис. 8. Компьютерная разработка (план, фасады, план фундамента) исследуемого здания

Если перевести эту соразмерность на современные меры длины, то она составит 29,76 на 40,92 м, что округлено до 30 × 41 м. Пропорция внутреннего двора по осям 8 : 13, что также очень близко к соразмерности золотого сечения. В метрах она составляет 15 × 24 м. Соразмерность высоты портала к его ширине в промежуточном модуле выражается как 8 : 12, что тоже близко к золтому сечению. Соотношение двух боковых частей фасада к длине его портала составляет 9 : 4: 9.

Таким образом, проведенные нами исследования позволили уточнить подлинные параметры здания Дор уш-Шифо в современных мерах длины, установить пропорциональный строй всех частей здания и на этой основе разработать полную графическую реконструкцию бухарского Дор уш-Шифо, включая его аксонометрическое изображение на компьютере (рис. 9).

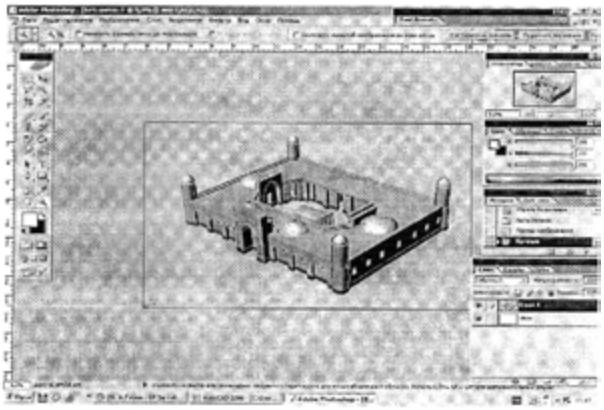


Рис. 9. Аксонометрический вид Дор уш-Шифо на компьютере

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мухаммад А., Ахмад М.* Ислом ҳазораси. Ташкент, 2004.
2. *Уралов А. С.* Архитектура лечебно-целебных учреждений средневековой Центральной Азии и стран зарубежного мусульманского Востока. Самарканд, 2004.
3. *Шишкин В. А.* Архитектурные памятники Бухары. Ташкент, 1936.
4. *Либкнехт К. О.* Проектирование небольших лечебных зданий для Средней Азии // Детские ясли и лечебные здания. М., 1947.
5. *Бакланов Н. Б.* Архитектурные чертежи узбекского мастера XVI века // Собрание Института истории и теории архитектуры. Вып. 4. М., 1944.
6. *Крюков К. С.* Пропорции в архитектуре. Ташкент, 1995.
7. *Уралов А.* Меъморий шаклларни уйғунлаштириш ва безаш. Самарқанд, 2003.
8. *Uralov A. S., Mohd Husini E.* Harmonization, decoration of architectural forms and light. Malaysia : USIM Press, 2021.

© Уралов А., 2022

Поступила в редакцию
в июне 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Уралов А. Графическая реконструкция здания конца XVII века — медресе Дор уш-Шифо в Бухаре // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 530—536.

Об авторе:

Уралов Ахтам — д-р архитектуры, проф., Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт. Узбекистан, 703047, г. Самарканд, ул. Лолазор, 70; axtamuralov47@rambler.ru

Akhtam Uralov

Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering

GRAPHIC RECONSTRUCTION OF THE BUILDING OF THE END OF THE XVII CENTURY — DOR USH SHIFO MADRASAH IN BUKHARA

A brief information about the history of the formation of madrasas in Central Asia is given, the methodology, design of Bukhara architects of the 17th century is revealed, and on this basis, a graphic reconstruction of the building of the medical center — “Madreseyi dor ush-shifo”, built in Bukhara at the end of the 17th century by the Bukhara Khan Subkhankulikhan, the original parameters of the dor ush-shifo building were specified in modern measures of length and the proportional structure of the main parts of the building was established.

K e y w o r d s: Bukhara, 17th century, public hospitals, design methodology, modular grid, graphic reconstruction, proportionality of building dimensions.

For citation:

Uralov A. [Graphic reconstruction of the building of the end of the XVII century — Dor Ush Shifo Madrasah in Bukhara]. *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], 2022, iss. 3, pp. 530—536.

About author:

Akhtam Uralov — Doctor of Architecture, Samarkand Institute of Architecture and Civil Engineering. 70, Lolazor st., 703047, Uzbekistan; axtamuralov47@rambler.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 https://vgasu.ru/nauka/zhurnaly/vestnik-volggasu/trebovaniya-k-oformleniyu/), *анкеты* согласия автора на доступ к его персональным данным неограниченного круга лиц (скачать бланк по адресу https://vgasu.ru/nauka/zhurnaly/vestnik-volggasu/trebovaniya-k-oformleniyu/), *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 направляются редакцией на дополнительную экспертизу (рецензирование) и публикуются только при положительном заключении. Имена авторов и рецензентов друг другу не сообщаются. Копия заключения предоставляется автору по требованию.

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 Е.В. Карчагину по тел. 8-8442-96-99-25.
Подписаться на журнал можно 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:
https://vgasu.ru/nauka/zhurnaly/vestnik-volggasu/seriya-stroitelstvo-i-arkhitektura/

Научное издание

ВЕСТНИК
ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научно-теоретический и производственно-практический журнал

Серия: Строительство и архитектура
2022. Выпуск 3(88)

Корректор *Н. Э. Ситникова*
Компьютерная правка и верстка *А. Г. Сиволобова*
Компьютерный дизайн обложки *О. Ю. Мелешин*
Информационно-библиографическое обслуживание *Е. В. Подшивалина*

Дата выхода в свет 26.08.2022. Формат 70×108/16. Бумага офсетная
Гарнитура Times New Roman. Цена свободная
Уч.-изд. л. 31,7. Усл. печ. л. 46,9. Тираж 500 экз. Заказ № 121

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