

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ
МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ

2018 г., № 4 (46)

ББК 38
И 33
УДК 69

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. чл.-корр. АН РТ Р.К. Низамов
Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Е.А. Вдовин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айдарова Г.Н., д-р арх., проф. советник РААСН;	Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Гагарин В.Г., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. РААСН;	Мирсаяпов Ил.Т., д-р техн. наук, проф.;
Горячев М.Г., д-р техн. наук, проф.;	Стрелков А.К., д-р техн. наук, проф.;
Есаулов Г.В., д-р арх., проф., академик РААСН;	Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Ильичев В.А., д-р техн. наук, проф., первый вице-президент РААСН;	Сулейманов А.М., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. АН РТ;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;	Тунакова Ю.А., д-р хим. наук, проф.;
Кичигин В.И., д-р техн. наук, проф.;	Углова Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;	Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.;
Кочев А.Г., д-р техн. наук, проф.;	Шагидуллин Р.Р., д-р хим. наук, чл.-корр. АН РТ;
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.;	Яковлев Г.И., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Рольф Катценбах, д-р техн. наук, проф. (Германия);	Фишер Х.-Б., доктор-инженер (Германия);
Фиговский О.Л., д-р техн. наук, проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);	Хассан Абдалла, д-р наук (PhD), проф. (Великобритания);
	Янотка И., д-р техн. наук, с.н.с. (Словакия).

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определяемый Высшей аттестационной комиссией (ВАК), рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-25136 от 20 июля 2006 г.). Включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, ком. 79
Тел. (843) 510-46-39, факс (843) 238-37-71
E-mail: patent@kgasu.ru Сайт: <http://izvestija.kgasu.ru>

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

KAZAN STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND ENGINEERING

MINISTRY OF CONSTRUCTION, ARCHITECTURE AND HOUSING
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

MINISTRY OF TRANSPORT AND ROADS
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

News of the KSUAE 2018, № 4 (46)

BBC 38
I 33
UDC 69

Editor-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT Nizamov R.K.
Deputy Editor-in-Chief: Cand. tech. sci., associate prof. Vdovin E.A.

EDITORIAL BOARD:

Aidarova G.N. Dr. arch. sci., prof., advisor of RAACS;	Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof.;
Gagarin V.G., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. of RAACS;	Mirsayapov Il.T., Dr. tech. sci., prof.;
Goriachev M.G., Dr. tech. sci., prof.;	Strelkov A.K., Dr. tech. sci., prof.;
Esaulov G.V., Dr. arch. sci., prof., member of the Academy of RAACS;	Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Ilichev V.A., Dr. tech. sci., prof., First Vice President of RAACS;	Suleimanov A.M., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;	Tunakova Iu.A., Dr. chem. sci., prof.;
Kichigin V.I., Dr. tech. sci., prof.;	Uglova E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;	Khazin V.G., Dr. tech. sci., prof.;
Kochev A.G., Dr. tech. sci., prof.;	Shagidullin R.R., Dr. chem. sci., corr.-m. AS RT;
Logachev K.I., Dr. tech. sci., prof.;	Iakovlev G.I., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Rolf Katzenbach, Dr. tech. sci., prof. (Germany);	Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
Figovskiy O.L., Dr. tech. sci., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);	Hassan Abdalla, PhD, prof. (Great Britain);
	Janotka I., Dr. tech. sci., head of unit (Slovakia).

THE FOUNDER AND THE PUBLISHER:

FSBEI of HE «Kazan State University of Architecture and Engineering»

The journal is included in the index of leading reviewed scientific journals and editions, defined by the Higher Attestation Commission, and recommended for publication of basic scientific results of dissertations on scientific degree of the doctor and the candidate of sciences. The articles are reviewed. Reproduction without the permission of editors is prohibited; citing references to the journal are obligatory.

It is registered by Federal agency on surveillance of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection (the certificate on registration PI № FS77-25136, dated July, 20th, 2006). It is included in the all-Russian catalogue of JSC «ROSPECHAT» Agency; subscription number 36939.

EDITORIAL ADDRESS:

420043, Kazan, Zelenaya 1, office 79
Tel. (843) 510-46-39, fax (843) 238-37-71
E-mail: patent@kgasu.ru Web-site: <http://izvestija.kgasu.ru>



ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Мустакимов В.Р., Мустакимов А.В., Аминов А.Р. Реновация объемно-планировочных и архитектурно-строительных решений, при реконструкции малоэтажного здания в Казани	7
Надырова Д.А., Аксёнова И.А. Архитектурно-градостроительное развитие доходных многофункциональных зданий и комплексов Казани во второй половине XIX-начале XX века	19
Попов А.О., Бирюлева Д.К. Зотов бастион Петропавловской крепости г. Санкт-Петербург. Архитектурно-строительная часть летописи	29
Попов А.О., Матвеев И.Ю. Градостроительное развитие территории комплекса зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург в период с 1703 по 1730 гг.	36
Серебряная В.В. Православные храмы классицизма первой половины XIX в. в Нижнем Поволжье (на примере Саратовской губернии)	45
Фазлеев М.Ш., Миннибаева А.Р., Мустафина Г.Х. Создание архитектурно-культурного комплекса усадьбы православных татар на территории острова-града Свияжск	56
Фазлеев М.Ш., Ямалова А.В. Предпосылки формирования и развития речного порта Казани в его современных границах	64
Чебинев А.И., Чебинева Е.В., Буткевич Н.М. Реконструкция городских промышленных зон	72
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Мотова Ю.О., Кулеева Л.М. Особенности современных приемов формирования набережных	82
Рачкова О.Г., Махмутов А.Э. Влияние климатических факторов на формообразование вертикальных теплиц в составе НППК г. Тюмени	89
Селецкая К.В., Новиков С.В., Прохоров-Малясов Г.С. Влияние архитектуры на адаптацию человека к климатическим условиям Арктики	99
Степанчук А.В., Васильева Ю.В. К вопросу об истории формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией (на примере зарубежного опыта)	106
Тукмакова М.И., Фахрутдинова И.А. Архитектурные принципы формирования креативных пространств	116
Тычинина А.С. Архитектурная концепция универсальной площади, как энергетического пространства	125
Хазеева К.Р., Забрускова М.Ю. Архитектурные и градостроительные аспекты для проектирования общественных уборных в среде исторического города (на примере города Казани)	135
Хазиахметова Е.В., Ахтямов И.И., Ахтямова Р.Х. Принципы организации архитектурного пространства для детей с ограниченными возможностями	143
Хуснутдинова А.Ф., Забрускова М.Ю. Принципы формирования кластеров придорожного обслуживания в структуре региона	152
Юсупова Э.Э., Короткова С.Г. Условия развития адаптированного жилья для маломобильных групп населения с учетом территориальных особенностей	159
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Закирова Ю.А., Юнусова Ю.В. Принципы реновации производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации	168
Исмагилова С.Х., Залетова Е.А., Корягина А.Е. Ландшафтно-планировочные предпосылки формирования природного каркаса крупного города на примере г. Уфы	178
Тимохина М.Ю., Кошкин Д.Ф. Современные тенденции архитектуры воды в предметно-пространственной среде города	185
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гайнетдинов Р.Г. Стенд и результаты испытания фермы пролетом 24 м со стержнями из оцинкованных холодногнутох профилей	193
Кузнецов И.Л., Арипов Д.Н., Фахрутдинов А.Э. Болтовое соединение в стержневых конструкциях из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП)	200
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	
Мирсаяпов И.Т., Нуриева Д.М., Шакиров И.Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния каркаса многоэтажного административного здания с учетом неравномерного деформирования свайного основания	208
Сафин Д.Р., Зайнуллин Р.Т. Исследование несущей способности и деформативности грунтовых пригрузочных берм	218
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Осипова Л.Э., Варсегова Е.В., Варсегов А.В. К расчету распространения поражающих факторов аварий на газопроводах	226

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Андреева С.А., Хузиахметова К.Р. Исследование процесса очистки сточных вод от растворимых пероксидных соединений производства стирола и оксида пропилена	234
Бусарев А.В., Селюгин А.С., Корнилов А.Д. К вопросу очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся в процессе транспортировки и хранения дизельного топлива	242
Захватов Г.И., Котов Н.В. Электронейтрализационная очистка наиболее устойчивых эмульсий	250
Урмитова Н.С., Абитов Р.Н., Низамова А.Х., Шагиева Л.Д. Исследование процессов фильтрации и коалесценции нефтяной эмульсии в лабораторных условиях	256
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Богданов Р.Р., Пашаев А.В., Журавлев М.В., Калимуллин А.А. Гиперпластификаторы на основе эфира поликарбоксилата и полиарила и их влияние на физико-технические свойства цементных композиций	265
Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Коновалов Н.В., Кузнецов А.В. Анализ возможностей модификации и выбор рациональных методов и технологий укрепления грунтов активированными наполнителями для дорожных одежд	274
Ермилова Е.Ю., Рахимов Р.З., Буланов П.Е., Камалова З.А. Влияние способа охлаждения термоактивированной смеси для композиционного цемента на состав продуктов гидратации его цементного камня	283
Сахапов Р.Л., Кашипов Р.Ф. Влияния состава термопластика на светонизлучение материала	291
Строганов В.Ф., Сагадеев Е.В., Хузин А.Ф., Потапова Л.И., Вахитов Б.Р., Стоянов О.В. Сравнительный анализ влияния нанотрубок различной структуры и функциональности на биостойкость цементно-песчаных растворов	300
Сулейманов А.М., Шакиров А.Р., Аглиуллина А.Ф., Старовойтова И.А. Исследование кратковременной и длительной прочности адгезионных клеевых соединений для устройства систем внешнего армирования строительных конструкций	309
Шелихов Н.С., Рахимов Р.З., Зарезнов Д.А., Сагдиев Р.Р. Современное состояние производства и применения пеностекла для тепловой изоляции	319
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Богданов А.Н., Алешутин И.А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях	326
Мудров А.Г., Мудрова А.А. Процесс перемешивания в пространственных устройствах	333
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Логинава О.А., Петропавловских О.К., Николаева Р.В., Валеева Г.Р. Изучение климатических особенностей Татарстана для дорожно-климатического районирования	344
Майстренко И.Ю., Зиннуров Т.А., Майстренко Т.И., Егорова И.Ю. Оценка безопасности эксплуатации мостов с учетом статистического анализа отказов и первоначальных повреждений	351
Махмутов М.М., Мухаметшина Р.М., Земдиханов М.М., Зарипов А.М. Обеспечение надежности машин при дорожном строительстве	358
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Земдиханов М.М., Халиуллин Д.Т. Определение сил взаимодействия вибрационного рабочего органа землеройной машиной с грунтом	364
Серазутдинов М.Н., Убайдуллоев М.Н. Метод расчета упругопластического деформирования усиленных стержневых конструкций при различных режимах нагружения	370
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	378



ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Mustakimov V.R., Mustakimov A.V., Aminov A.R. Renovation of space-planning and architectural constructive structures during reconstruction of a low-rise building in Kazan	7
Nadyrova D.A., Aksenova I.A. Architectural and urban development of profitable multifunctional buildings and complexes of Kazan in the second half of XIX-early XX century	19
Popov A.O., Biryuleva D.K. Zotov's Bastion of Peter and Paul fortress of St. Petersburg. Architectural-construction part of the chronicle	29
Popov A.O., Matveev I.Iu. Town-planning development of territory of a complex of buildings of the Main Admiralty, Saint Petersburg in the period from 1703 to 1730	36
Serebryanaya V.V. The Orthodox temples in classicism style in the Nyzhneye Povolzhye of the first half of the 19 th century (by example of the Saratov region)	45
Fazleev M.Sh., Minibaeva A.R., Mustafina G.Kh. Creation of architectural and cultural complex of orthodox tatars estate on island-town of Sviyazhsk territory	56
Fazleev M.Sh., Yamalova A.V. Prerequisites for the formation and development of Kazan river port in its current borders	64
Chebinev A.I., Chebinea E.V., Butkevich N.M. Reconstruction of urban industrial areas	72
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Motova Iu.O., Kuleeva L.M. Features of modern methods of forming embankments	82
Rachkova O.G., Makhmutov A.E. The effect of climatic factors on forming the vertical greenhouses with in the scientific-production plant growing complex of Tyumen	89
Seletskaya K.V., Novikov S.V., Prohorov-Malyasov G.S. The influence of architecture on adaptation to Arctic climatic conditions	99
Stepanchuk A.V., Vasilyeva Iu.V. To the question of the history of the formation cultural tourism objects with a craft-creative function (on the example of foreign experience)	106
Tukmakova M.I., Fakhrutdinova I.A. Architectural principles of the formation of creative spaces	116
Tychinina A.S. The architectural concept of a universal square as an energy space	125
Khazeeva K.R., Zabruskova M.Iu. Architectural and town planning aspects for designing public toilets in the environment of a historic city (using the example of the city of Kazan)	135
Khaziakhmetova E.V., Akhtiamov I.I., Akhtiamova R.Kh. Principles of architectural space organization for children with disabilities	143
Khusnutdinova A.F., Zabruskova M.Iu. Principles of formation of roadside service clusters in the structure of the region	152
Iusupova E.E., Korotkova S.G. The model of adapted housing for the less mobile groups of the population, taking into account the territorial features	159
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Zakirova Iu.A., Yunusova Iu.V. Principles of redevelopment of production areas in the coastal zone of the Kazan agglomeration	168
Ismagilova S.Kh., Zalyotova E.A., Koryagina A.E. Landscape and planning prerequisites of formation of a natural framework of the large city on the example of Ufa	178
Timokhina M.Iu., Koshkin D.F. Modern trends of water architecture in the subject-spatial environment of the city	185
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Kuznetsov I.L., Salakhoutdinov M.A., Gainetdinov R.G. Stand and test results of a 24 m span truss with elements of galvanized cold-formed profiles	193
Kuznetsov I.L., Aripov D.N., Fakhrutdinov A.E. Bolted joint in pultruded glass-reinforced plastic (GRP) profile framings	200
FOUNDATIONS, UNDERGROUND STRUCTURES	
Mirsayapov I.T., Nurieva D.M., Shakirov I.F. The researches of the stress-strain state of the multi-storey administrative building frame with taking into account the pile foundations uneven deformation	208
Safin D.R., Zaynullin R.T. Research of bearing capacity and deformability of ground ballast berms	218
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Osipova L.E., Varsegova E.V., Varsegov A.V. To the calculation of the distribution of damaging factors of accidents on gas pipelines	226
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Andreeva S.A., Khuziakhmetova K.R. Investigation of the process of wastewater treatment from soluble peroxide compounds of production of styrene and propylene oxide	234
Busarev A.V., Selyugin A.S., Kornilov A.D. On the issue of purification of oily waste water generated in the process of transportation and storage of diesel fuel	242

Zakhvatov G.I., Kotov N.V. The electroneutralization cleaning of most water emulsions	250
Urmitova N.S., Abitov R.N., Nizamova A.Kh., Shagieva L.D. Investigation of filtration and coalescence processes oil emulsion in the laboratory	256
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Bogdanov R.R., Pashaev A.V., Zhuravlev M.V., Kalimullin A.A. Superplasticizer based on polycarboxylate ether and polyaryl and their influence on the physico-technical properties of cement compositions	265
Vdovin E.A., Victor F.S., Mavliev L.F., Konovalov N.V., Kuznetsov A.V. Analysis of the possibilities of modification and the choice of rational methods and technologies for strengthening the soil by activated fillers for road construction	274
Ermilova E.Iu., Bulanov P.E., Rakhimov R.Z., Kamalova Z.A. Influence of the method of cooling the thermally activated mixture for composite cement on the composition of hydration products of its cement stone	283
Sakhapov R.L., Kashipov R.F. Effects of thermoplastic composition on the light emission of the material	291
Stroganov V.F., Sagadeev E.V., Khuzin A.F., Potapova L.I., Vahitov B.R., Stoianov O.V. Comparative analysis of the effect of nanotubes of different structure and functionality on the biostability of cement-sand mortars	300
Sulejmanov A.M., Shakirov A.R., Agliullina A.F., Starovoitova I.A. The research of short-term and long-term strength of adhesives bond joint for the external reinforcement of building structures	309
Shelikhov N.S., Rakhimov R.Z., Sagdiev R.R., Zareznov D.A. The current state of production and use of foam glass for thermal insulation	319
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Bogdanov A.N., Aleshutin I.A. Land laser scanning in construction and BIM-technologies	326
Mudrov A.G., Mudrova A.A. The mixing process in the spatial devices	333
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Loginova O.A., Petropavlovskikh O.K., Nikolaeva R.V., Valeeva G.R. The study of the climatic features of the Republic of Tatarstan for road-climatic zoning	344
Maystrenko I.Iu., Zinnurov T.A., Maystrenko T.I., Egorova I.Iu. The bridges estimated safety maintenance with a glance of statistical failure analysis and initial damage	351
Makhmutov M.M., Mukhametshina R.M., Zemdikhanov M.M., Zaripov A.M. Reliability of machines in road construction	358
CONSTRUCTION MECHANICS	
Zemdikhanov M.M., Khaliullin D.T. Determination of the interaction forces of the vibrate working body of digging machine with the soil	364
Serazutdinov M.N., Ubaidulloyev M.N. Method of calculating the elastoplastic deformation of strengthened rod structures under different loading regimes	370
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	378



УДК 72.03

Мустакимов Валерий Раифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: Mustakimovvr@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Мустакимов Альберт Валерьевич

архитектор

E-mail: architectus@mail.ru

Аминов Айдар Равилевич

техник-архитектор

E-mail: architect.00@mail.ru

ГУП «Татинвестгражданпроект»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Чехова, д. 28

Реновация объемно-планировочной и архитектурно-конструктивной структур, при реконструкции малоэтажного здания в Казани

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выявление эффективности и целесообразности реновации объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных структур при реконструкции малоэтажных зданий, имеющих высокую степень физического и морального износа строительных конструкций стенового остова.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что реновация исторического малоэтажного жилого здания с ветхим стеновым остовом из кирпичной кладки и мелкоячеистой объемно-планировочной структурой преобразовывается в обновленный объект, имеющий прочный, устойчивый и долговечный каркасно-стеновой остов, позволяющий приспособить здание под новые функции.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектурно-строительной сферы в результате реновации объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных структур малоэтажного здания состоит в сохранении историко-архитектурного образа здания; повышении комфортности при его дальнейшей эксплуатации, обеспечении свободной и гибкой объемно-планировочной структуры, существенном улучшении технико-экономических показателей, снижении энергопотребления и продлении «жизни» объекту, который будет отвечать современным нормативным требованиям.

Ключевые слова: реновация, остов, огнестойкость, неполный каркас, монолитный, капиталь, свободная планировка, плавающий фундамент.

Введение

На сегодняшний день, в Москве активно реализуются постановления правительства РФ по реновации жилых районов с обновлением и процессами замещения выбывающих в результате морального и физического износа устаревших многоквартирных жилых домов на новые, комфортные с современной инфраструктурой, жилые дома повышенной этажности. В условиях древней Казани, где имеется значительное количество малоэтажной застройки с установленным статусом объектов культурного наследия (ОКН) или выявленным статусом ОКН, процесс реновации при реставрации и реконструкции, является актуальным. В этих условиях с учетом требований международной хартии по охране ОКН, осуществляется обновление и упрочнение несущих и ограждающих конструктивных систем остовов малоэтажных зданий. Реновация при реконструкции зданий, позволяет не только обновить, усилить, упрочнить обветшалый стеновой остов ОКН и продлить его эксплуатационный режим, но и расширить рамки функционального назначения зданий за счет гибкой объемно-планировочной структуры с каркасным остовом, при сохранении архитектурного образа.

Реновация при реконструкции

Целью исследования является выявление эффективности и целесообразности реновации объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных структур при реконструкции малоэтажных зданий, имеющих высокую степень физического и морального износа строительных конструкций стенового остова. Подобные исследования очень важны в условиях ветшающей исторической застройки городов. Проблема реконструкции ветшающих ограждающих и несущих конструкций, реновации объемно-планировочных структур и приспособления их под новые функции требует решения не только в нашей стране, но и за рубежом. Теоретические и практические исследования этой проблемы позволяют решать её разнообразно, в зависимости от конкретных условий [1- 4].

Реновация (от лат. *renovation* – обновление, возобновление) или процесс замещения выбывающих в результате морального износа устаревших объемно-планировочных и расчетно-конструктивных решений, а также замены на новые строительные материалы или усиленные строительные конструкции и вместо обветшавших от физического износа, широко используется при реконструкции исторических, так называемых фоновых объектов, которые формируют градостроительную ткань города и нуждаются в обновлении функций. Реновация является в этом случае необходимым условием воспроизводства конструктивной системы в архитектурно-строительном проектировании при реконструкции зданий и сооружений. Исследованиям проблем реконструкции объектов культурного наследия в условиях Казани посвящены работы [5, 6].

Авторами исследован двухэтажный кирпичный жилой дом с мансардой, без подвала, с кирпичным остовом и деревянными перекрытиями, расположенный по улице Маяковского, 29 в Казани. Объект был возведен в 1827 году. В течение XIX-XX вв. здание подвергалось неоднократной реконструкции. В 2017 году новый собственник объекта принял решение по модернизации здания с сохранением существующего архитектурного стиля, поэтому авторами была проведена архитектурно-строительное обследование и разработана проектная документация [7, 8]. Общий вид здания и обмерный чертеж фасада приведены на (рис. 1).



Рис. 1. Двухэтажное с мансардой, без подвала, с кирпичным остовом жилое здание, расположенное по улице Маяковского, 29 в Казани, возведено в 1827 году в стиле эклектика:

- а) общий вид здания, по состоянию на июль 2017 г.;
- б) обмерный чертеж фасада (иллюстрация авторов)

Аналогичные гражданские здания, возведенные до 1920 г., имеют сходство по архитектурно-стилистическим решениям. Проводя сравнительный анализ архитектурных элементов фасадов других малоэтажных зданий с обследованным объектом, можно отметить общие классические приемы фасадных решений, включая: венчающие, межэтажные и цокольные карнизы, наличники, сандрики. Отличие здания на ул. Маяковского, 29 от сопоставляемых объектов культурного наследия в количественном использовании фасадных элементов. Сопоставительный ряд малоэтажных кирпичных зданий, имеющих статус объектов культурного наследия (ОКН), на фасадах которых, имеются архитектурно-стилистические элементы, аналогичные тем, которые выявлены на здании жилого дома по ул. Маяковского, 29. Здания-аналоги имеют два-три этажа со стеновым остовом. Двух- или четырехскатные крыши со значительным выносом карнизной части, облицованной лепниной, и системой организованного водостока.

Объемно-планировочные и архитектурно-конструктивные решения

Выполнению научно-исследовательской и проектно-изыскательской работы по реконструкции малоэтажного здания с переработкой стенового кирпичного остова в остов с неполным каркасом, предшествовали следующие исследования: всестороннее изучение и анализ сохранившейся технической и разрешительной документации; проведение инженерного обследования строительных конструкций и инженерно-геологических изысканий; поверочные инженерно-теплотехнические расчеты, по установлению фактической несущей способности существующих и будущих строительных конструкций остова с тепловой защитой наружных ограждений. Предпроектные расчетно-теоретические и технико-экономические исследования, позволили обосновать целесообразность и эффективность реставрации и реконструкции старого ветхого здания, где в пределах существующего контура, осуществлено коренное изменение объемно-планировочной структуры и архитектурно-конструктивной системы. Результаты рациональности и эффективности проводимой реконструкции приведены в сопоставительной таблице с основными технико-экономическими показателями по результатам реконструкции, усовершенствования и модернизации конструкций остова и объемно-планировочных решений.

Таблица

Технико-экономические показатели по результатам реконструкции

№ п. п.	Наименование показателей	Един. измер.	По данным БТИ	По проекту реконструкции [7, 8]	Разница +...увеличение -...уменьшение
1	Общая площадь здания	м ²	123,70	786,50	+662,80
2	Строительный объем здания	м ³	1664,00	3597,66	+1933,66
3	Площадь застройки	м ²	264,80	342,64	+77,84

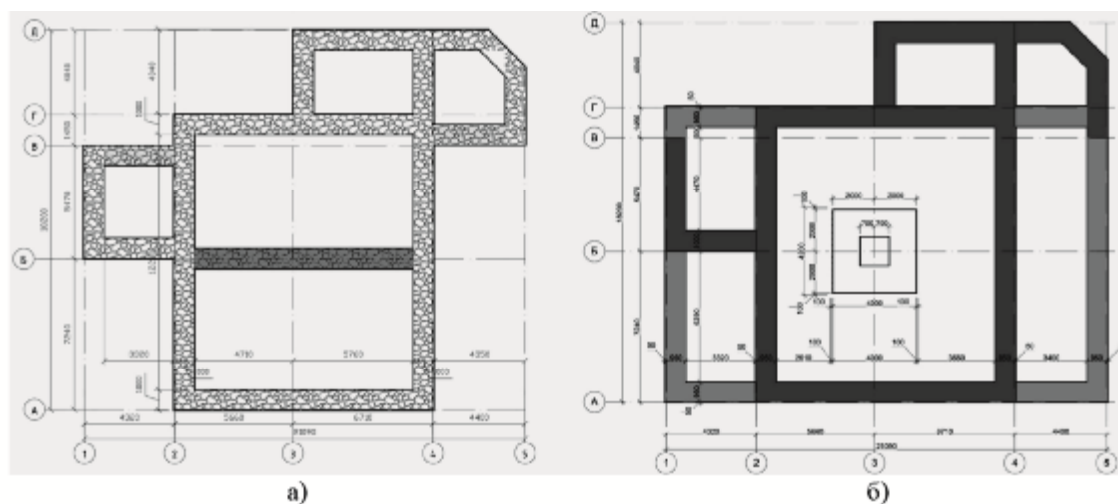
Предложенная авторами система реконструкции существующего стенового остова позволит обеспечить нормируемую несущую способность обновленных строительных конструкций (СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»), выполняемых из кирпичной кладки и монолитного железобетона (СП 15.13330.2010 «Каменные и армокаменные конструкции», СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструктивные системы и несущие конструкции зданий») их долговечность и комфортный эксплуатационный режим [9, 10].

С целью создания свободных планировочных решений (без внутренних стен и перегородок) и формирования единой пластики внутреннего пространства основного здания и двух пристроев реконструируемого 2-х этажного с мансардой здания, имеющего хаотичную планировку помещений этажей по деревянным перекрытиям и приведения его в соответствие современным нормативным требованиям, авторами разработан комплекс мероприятий, реализованных в рабочем проекте [8]. Архитектурное и цветовое решения фасадов согласовано с соответствующими государственными органами.

Мероприятия включают:

1. Демонтаж внутренних кирпичных, деревянных стен и перегородок; деревянных конструкций междуэтажного и чердачного перекрытий; деревянных внутренних лестниц; деревянных окон и дверей; деревянных стропильных конструкций и скатной кровли из обыкновенной кровельной стали. Демонтируемые конструкции, по результатам инженерного обследования их технического состояния, в соответствии ГОСТ 31937-2011, оцениваются, как ветхие и непригодные к дальнейшей нормальной эксплуатации.

2. Вместо демонтированной части конструкций существующего стенового остова запроектирован остов с неполным каркасом из монолитного железобетона с центральной колонной, расположенной на пересечении разбивочных осей «Б/З». Под колонной предусмотрен отдельно стоящий фундамент с расчетными размерами сторон подошвы 4000×4000 мм, из монолитного железобетона, подстилаемый подготовкой из насыпного гранитного щебня (рис. 2-3).



Условные обозначения:

- - демонтируемая часть ленточного фундамента по оси «Б» с заменой на отдельно стоящий под колошну;
- - демонтируемые ленточные фундаменты под наружные стены по осям «В» и «Д» между осями «1 - 2» и «4 - 5»
- - вновь возводимый столбчатый фундамент

- - сохраняемая часть ленточного фундамента из бутовой кладки по осям «1, 2, 3, 4, 5, Б, Г, Д» между осями «Б - В, А - Г, Г - Д»;
- - вновь возводимая часть ленточных фундаментов из монолитного железобетона В20, F75, W8;

Рис. 2. План фундамента: а) до реконструкции со стеновым остовом;
б) после реконструкции под остов с неполным каркасом (иллюстрация авторов)

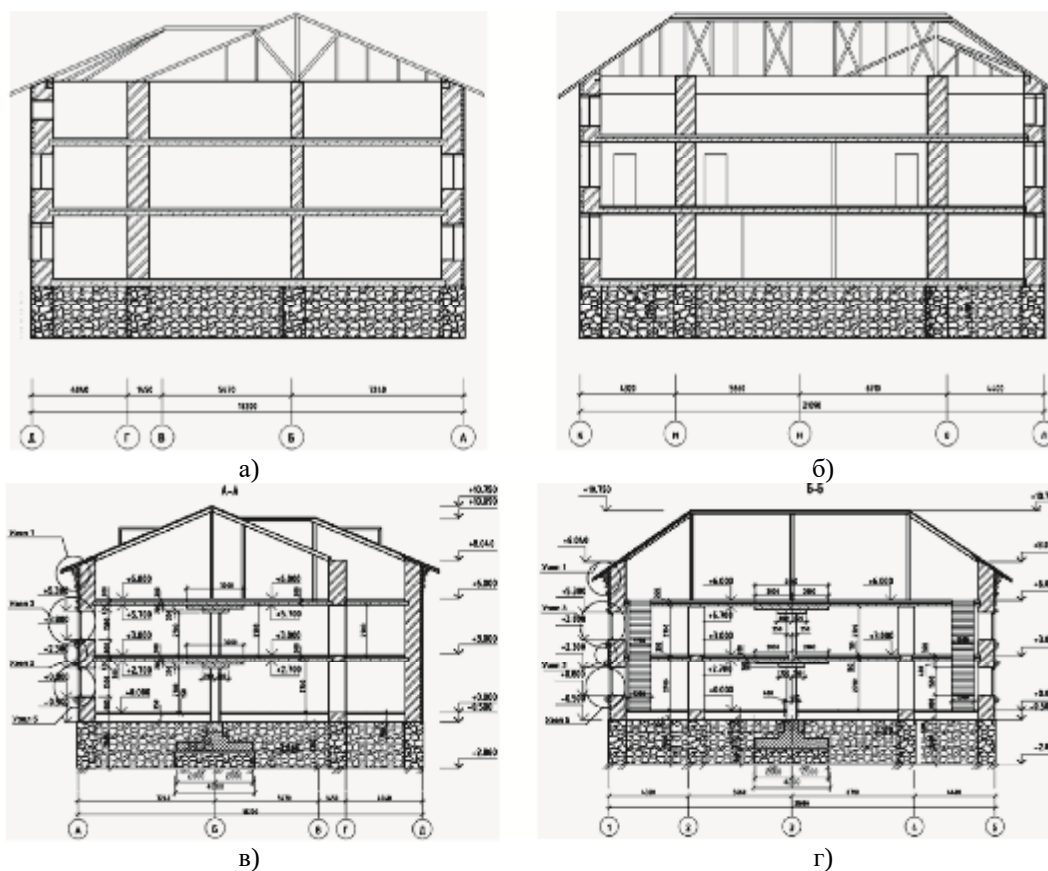


Рис. 3. Разрезы по зданию: а) и б) соответственно, поперечный и продольный, до реконструкции;
в) и г) соответственно, поперечный и продольный, после реконструкции (иллюстрация авторов)

3. Сохраняя высоту коньковой части скатной крыши объекта, предусмотрен полноценный мансардный этаж, площадью $A_{м.эт.}=287,56 \text{ м}^2$ (вместо существующего

площадью $A_{м.эт.}=50 \text{ м}^2$, размещенный в пределах разбивочных осей «1-5/А-Д», что позволило увеличить полезную площадь эксплуатируемого мансардного этажа на $\delta A = 287,56 - 50,00 = 237,56 \text{ м}^2$ (рис. 3 в, г; 4 д, е).

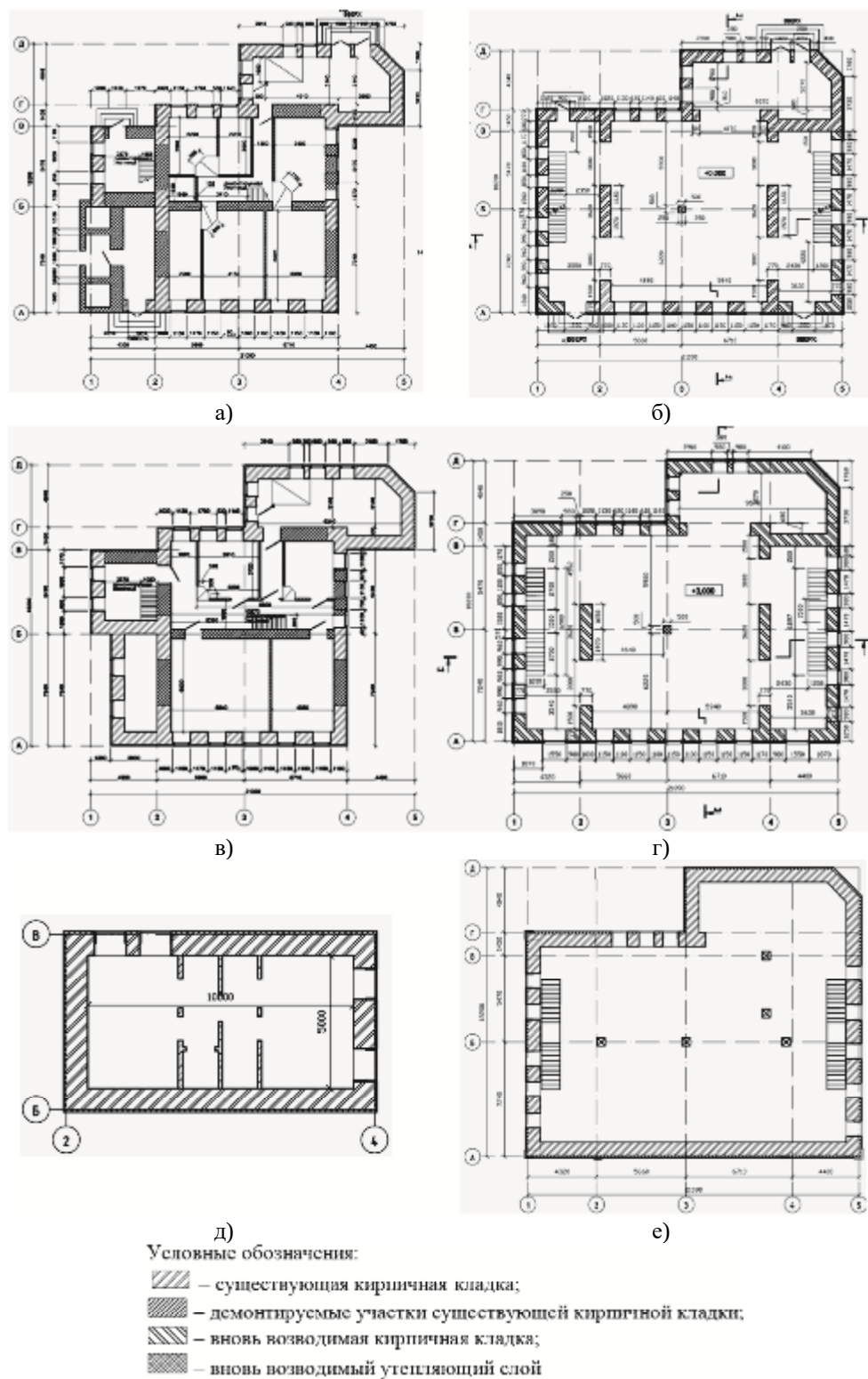


Рис. 4. Кладочные планы первого, второго и мансардного этажей: а) 1-го этажа до реконструкции; б) то же, после реконструкции; в) 2-го этажа до реконструкции; г) то же, после реконструкции; д) мансардного этажа до реконструкции, площадью $A_{м.эт.}=50 \text{ м}^2$; е) то же, после реконструкции с перепланировкой, площадью $A_{м.эт.}=287,56 \text{ м}^2$ (иллюстрация авторов)

Венчающая часть колонны каждого этажа снабжена двухступенчатыми капителями размером в плане 3000×3000 мм и 1600×1600 мм высотой каждой ступени по 200 мм. Плоские плиты междуэтажных перекрытий толщиной по 150 мм, опирающиеся на капители центральной колонны и стены по периметру здания, предусмотрены из железобетона. Для обеспечения беспрепятственной эвакуации людей с мансардного и второго этажей, вдоль разбивочных осей «1» и «5», между осями «А»...«В» предусмотрены две лестницы шириной по 1200 мм, запроектированные из монолитного железобетона (рис. 4).

4. В пределах существующего габаритного контура здания, между осями «1-5» и «А-Д», запроектированы два угловых пристроя, в пределах первого, второго и мансардного этажей (рис. 4).

5. С целью формирования свободной и гибкой планировочной структуры внутреннего пространства реконструируемого остова с неполным каркасом в существующих кирпичных стенах по разбивочным осям «2», «4» и «Г» на первом и втором этажах предусмотрена «прорезка» дверных проемов шириной 3000...4500 мм, высотой по 2,7 м с конструктивным усилением по их контуру (рис. 4 а-г).

6. Повышение огнестойкости несущих и ограждающих конструктивных элементов и здания в целом по СП 64.13330.2011, за счет замены всех горючих материалов, изделий и конструкций на негорючие, включая: стены, колонны, перегородки, перекрытия, лестницы, полы.

7. Приведение наружных ограждающих строительных конструкций существующих и вновь возводимых стен из кирпичной кладки в соответствие современным требованиям по тепловой защите и экономии основных энергоресурсов по СП 50.13330.201, за счет их утепления с использованием негорючих плит из минеральной ваты, оштукатуренных снаружи декоративным раствором по сетке (рис. 5).

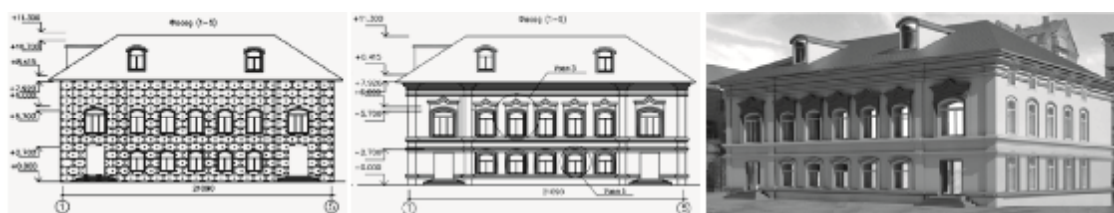


Рис. 5. Реконструкция фасадов здания:

- а) монтажная схема раскладки минераловатных плит утепления стен на поверхности главного фасада здания; б) чертеж главного фасада после реконструкции; в) 3D-модель реконструированного фасада в контексте окружающей застройки (иллюстрация авторов)

8. Демонтаж ветхих и полная замена дверных и оконных блоков на новые, изготовленные, соответственно, из металлических, деревянных и пластмассовых материалов.

Предложенный комплекс мероприятий позволил: повысить комфортность при эксплуатации объекта с ожидаемым изменением его функционального назначения из жилого здания в объект торговли; существенно улучшить технико-экономические показатели объемно-планировочных решений, приведенные в таблице; снизить тепло и энергопотребление за счет расчетного утепления наружных ограждающих конструкций стен и кровли над мансардным этажом; повысить степень огнестойкости остова, выполняемого из негорючих материалов и конструкций (железобетон и кирпич); продлить нормативный срок надежной эксплуатации объекта, приведенного в полное соответствие с современными нормативными требованиями.

Инженерное обследование строительных конструкций здания

С целью уточнения и оценки фактического технического состояния строительных конструкций существующего стенового остова малоэтажного здания, подлежащего реконструкции с перепланировкой, авторами, по состоянию на 25 июля 2017 г. в соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2011 и ГОСТ 22690-88, было проведено визуально-инструментальное инженерное обследования несущих и ограждающих строительных конструкций, с установлением прочностных характеристик использованных при проведении поверочных инженерных и теплотехнических расчетов

существующих и вновь возводимых конструкций: фундаментов, стен, центральной колонны с капителями, плоских перекрытий, лестниц. Подобные инструментальные обследования оснований, фундаментов, конструкций остовов зданий и сооружений, включая малоэтажные здания, широко практикуется в США [10].

Инженерным обследованием и ознакомлением с технической и разрешительно-согласовательной документацией, установлено:

1. Физический износ строительных конструкций здания, в целом, составляет 67 %. При этом максимальный физический износ имеют деревянные конструкции перекрытий, стен, перегородок, внутренних лестниц, стропильной системы скатной крыши, полов, оконных и дверных блоков.

2. Конструкции 2-х этажного жилого дома со стеновым кирпичным остовом, поэлементно, классифицируются и оцениваются следующим образом:

2.1. Фундаменты – ленточные, под однослойные кирпичные наружные и внутренние стены. Выполнены они из кладки рваного бута на известково-песчаном растворе. Инструментально освидетельствованная марка бутового камня составляет М200. Марка известково-песчаного кладочного раствора М30-М50. В соответствии с табл. 9 СП15.13330.2012 при инструментально освидетельствованных прочностных характеристиках бута и раствора расчетное сопротивление бутовой кладки составляет $R=0,6-0,8$ МПа. Замеренная при инженерном обследовании из вскрытых грунтовых шурфов, ширина ленточного фундамента составляет $b_f=850$ мм. Фактическая глубина заложения подошвы ленточного фундамента FL составляет $d_f=2,32$ м (рис. 3-5). Вскрытием грунтовых шурфов установлено, что основанием фундаментов является песчаный грунт, классифицируемый как надежный (Мустахимов В. Р. Проблемы геотехники в современном строительстве и реконструкции зданий и сооружений Казани // Известия КГАСУ. 2006. № 2 (6). С. 66-68) и [7, 8]. В соответствии ГОСТ 31937-2011 и ГОСТ 22690-88 техническое состояние конструкций существующего фундамента оценивается и классифицируются, как работоспособное техническое состояние при существующей погонной нагрузке на обрез фундамента.

2.2. Стены надземной части 2-х этажного здания без подвала с замеренной толщиной $b_{ст.}=640-770$ мм выполнены из кладки полнотелого керамического кирпича, освидетельствованной марки М50...М80 на известково-песчаном кладочном растворе марки – М15...М20. В соответствии СП15.13330.2012 при инструментально освидетельствованных прочностных характеристиках полнотелого керамического кирпича и раствора, расчетное сопротивление кирпичной кладки составляет $R=0,8$ МПа. С учетом выявленных при обследовании технических характеристик выполнены поверочные расчеты несущей способности конструкций наружных и внутренних кирпичных стен, толщиной $b_{ст.}=640-770$ мм, при $R=0,8$ МПа и действующей нагрузке $N_{ст.}=18,0...0,23$ т/п.м. Поверочный расчет каменных конструкций стен по предельным состояниям первой группы (по несущей способности) произведен с учетом соблюдения неравенства (10) СП15.13330.2012, $N_{ст.} \leq m_g \phi R A$.

Поверочный расчет показал, что несущая способность стен на относительно ослабленном участке обеспечена и соблюдается с гарантированным запасом.

В зонах примыкания пристроев к основному корпусу жилого дома имеются вертикальные и слабонаклонные трещины, вызванные неравномерными осадками ленточных фундаментов пристроев, возведенных в более позднее время (рис. 6).



Рис. 6. Общий вид технического состояния конструкций наружных стен в зонах примыкания пристроев к основному корпусу жилого дома.

Имеются трещины, вызванные неравномерными осадками ленточных фундаментов пристроев (иллюстрация авторов)

По состоянию на период инженерного обследования осадка стен стабилизировалась. Техническое состояние кирпичных стен основного корпуса здания в соответствии ГОСТ 31937-2011 оценивается и классифицируется как работоспособное техническое состояние.

2.3. Конструкции междуэтажных перекрытий, внутренних лестниц, наслонных стропил скатной крыши, перегородок, полов выполнены из деревянных конструкций, которые имеют сверхнормативный физический и моральный износ. В конструкциях балок перекрытий, стропильных ног и косоурах лестниц выявлен существенный прогиб в их пролетной части, а также процессы гниения в опорной части конструкций на стены. Поэтому техническое состояние деревянных конструкций междуэтажных перекрытий, внутренних лестниц, наслонных стропил, перегородок, полов здания, оценивается и классифицируется, как аварийное состояние. Они не пригодны к дальнейшей нормальной эксплуатации и подлежат полной замене на новые конструкции, выполненные из негорючих, трудно возгораемых и долговечных материалов, включая железобетон, кирпич, раствор, минераловатные плиты, клеюдеревянные элементы.

2.4. Крыша существующего здания скатная, разноуровневая с наслонными деревянными стропилами, покрытая обыкновенной кровельной сталью со следами коррозии. Техническое состояние покрытия скатной крыши оценивается и классифицируется, как ограниченно работоспособное состояние и не пригодное к дальнейшей нормальной эксплуатации, поэтому подлежат полной замене с реконструкцией в соответствии с (рис. 7) [8].

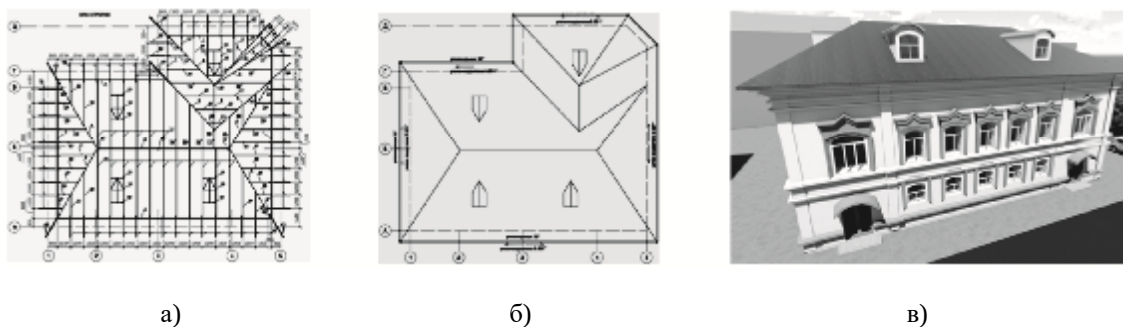


Рис. 7. Скатная крыша по проекту реконструкции [8]:
а) план стропил; б) план кровли; в) 3D-модель (иллюстрация авторов)

Реновация интерьера помещений в остоле с неполным каркасом

На основании архитектурных и конструктивных исследований с целью оптимизации, модернизации и усовершенствования объемно-планировочных решений, и как следствие, реновации и модификации интерьера помещений всех этажей реконструируемого объекта, авторами разработан рабочий проект, который полностью удовлетворил все намерения организации заказчика [8].

Решена задача сохранения общей габаритной схемы существующего 2-х этажного кирпичного здания со стеновым остовом, согласованы с государственными органами архитектурные и цветовые решения разработан проект реконструкции с усовершенствованными и свободными объемно-планировочными решениями, модифицированными интерьерами помещений, что позволило изменить функциональное назначение жилого дома и за счет высвободившегося внутреннего пространства обеспечить общественно-торговые функции.

С целью снижения взаимовлияния вновь возводимых несущих строительных конструкций каркасной части реновируемого остола на сохраняемые кирпичные стены и их ленточные фундаменты, проведены инженерные расчеты фундаментов по II группе предельных состояний. Расчет основан на том условии, что абсолютная осадка $S_{л.ф.}$ существующих ленточных фундаментов, за длительный период эксплуатации объекта, возведенного в 1827 году, по результатам инженерного обследования [7-10] – завершена и констатируется полная ее стабилизация $S_{л.ф.}=0$.

Вместе с тем осадка вновь возводимого столбчатого фундамента под центральную колонну-опору $S_{с.ф.}$ еще не произошла и будет формироваться во времени в пределах зоны влияния с распределением нормальных σ_z , горизонтальных σ_y и тангенциальных τ_{yz} напряжений в массиве песчаного грунта основания по закономерностям [12]. С учетом этого, расчетная ширина b_f и длина l_f столбчатого фундамента, составила $b_f \times l_f = 4,0 \times 4,0$ м, площадью подошвы $A_f = 16,0 \text{ м}^2$ (рис. 8).

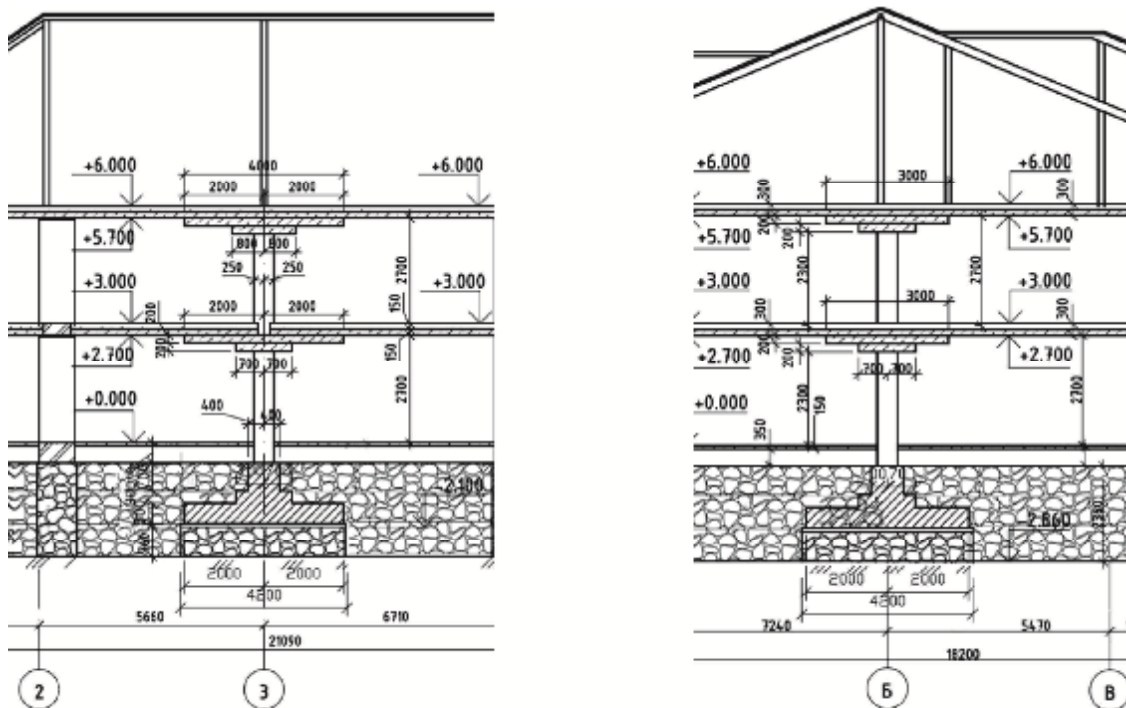


Рис. 8. Разрезы по конструкциям центральной колонны на столбчатом фундаменте (иллюстрация авторов)

Построенные линии равных напряжений σ_z , σ_y и τ_{yz} в массиве грунта основания не пересекаются. Следовательно, взаимное влияние фундаментов друг на друга не будет происходить. Назначенные размеры столбчатого фундамента подобраны из условия равенства абсолютной расчетной осадки вновь возводимого столбчатого фундамента неравной, но близкой к нулю $S_{с.ф.} \neq 0$ и стабилизировавшейся осадки существующего ленточного фундамента $S_{л.ф.} = 0$. Подобный фундамент, у которого численное значение осадки $S_{с.ф.} \approx 0$ и среднее давление под подошвой фундамента $P_{ср.}$ КПа приравнено к расчетному сопротивлению грунта R , КПа ($P \approx R$), носит название – «плавающий фундамент».

Эти расчетно-теоретические исследования, проектные, объемно-планировочные и конструктивные мероприятия позволили расширить рамки системы гибкой планировочной структуры всех помещений на каждом из уровней и повысить статус привлекательности при аренде помещений с измененной функцией. Дополнительным фактором, способствующим повышению основных технико-экономических показателей, приведенных в сопоставительной таблице, является выполнение работ по возведению пристроев по разбивочным осям «1-2/В-Г» и «4-5/А-В». Это строительно-монтажное мероприятие, позволило увеличить эксплуатируемую площадь и полезный строительный объем, а также сформировать относительно законченный архитектурный образ объекта в целом. Результаты проектируемой реновации объемно-планировочной структуры помещений в составе обновленного остова с неполным каркасом представлены в виде трехмерных изображений интерьеров помещений первого, второго и мансардного этажей (рис. 9).



Рис. 9. 3D-модели поэтажных интерьеров помещений реконструируемого здания:

- а) первый этаж с центральной колонной;
 б) второй этаж с прорезанными и усиленными простенками;
 в) мансардный этаж с центральной опорой; г) одна из эвакуационных лестниц

Заключение

Исследованиями установлено, что на примере реального объекта авторами показан эффект от реновации в условиях реконструкции малоэтажного жилого здания со стеновым кирпичным остовом и ветхими конструкциями в прочный, устойчивый, долговечный и огнестойкий остов с неполным каркасом. Применение железобетонного остова с центральной колонной позволило расширить общую площадь здания, а оптимизация высотных отметок этажей, в соответствии с нормативными требованиями, позволила предусмотреть целый мансардный этаж, сохраняя первоначальную высоту коньковой части объекта здания.

Список библиографических ссылок

1. Зильберова И. Ю., Петров К. С. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4 (часть 1).
2. Осипов С. Н., Поздняков Д. А. Некоторые особенности учета морального износа при выборе вариантов строительства, ремонта или реконструкции зданий // Наука и техника. 2016. т. 15, № 6. С. 469–475.
3. Analyzing low rise buildings construction. Essay. URL: <https://www.ukessays.com/essays/construction/analysing-low-rise-buildings-construction-essay.php> (дата обращения: 21.09.2018).
4. How Building Technologies Contribute to Reconstruction Advances Building Teams are employing a wide variety of components and systems in their reconstruction projects. Chapter 3 URL: <https://www.bdcnetwork.com/chapter-3-how-building-technologies-contribute-reconstruction-advances> (дата обращения: 21.09.2018).
5. Айдарова Г. Н. Татарские слободы Казани: архитектурно-градостроительное развитие и методологические аспекты реконструкции. Казань, КГАСУ, 1999. 95 с.
6. Остроумов В. П. Казань: Очерки по истории города и его архитектуры. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1978. 294 с.
7. Тезисы докладов : сб. научных трудов 70-ой Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства / КГАСУ. Казань, 2018. С. 92–93.
8. Рабочий проект реконструкции и переработки стенового кирпичного остова в остов с неполным каркасом для 2-х этажного, без подвала, с мансардным этажом малоэтажного здания жилого дома № 29, расположенного по улице Маяковского, в городе Казани РТ. х/д. № 2/5-2017 от 25.07.2017 г. Минобрнауки РФ, ФГБОУВО, КГАСУ, УНИД. Том 1-3.
9. Юрьев А. Г. Основы проектирования рациональных несущих конструкций / Белгород : БТИСМ, 1988. 94 с.
10. Design Loads for Residential Buildings. Chapter 3 URL: https://www.huduser.gov/Publications/pdf/res_2000-2.pdf (Расчетные нагрузки для жилых зданий).
11. Сорочан Е. А. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник. 2018. 480 с.

Mustakimov Valery Raifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: Mustakimovvr@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya str., 1

Mustakimov Albert Valeryevich

architect

E-mail: architectus@mail.ru**Aminov Aydar Ravilevich**

technician-architect

E-mail: architect.00@mail.ru**SUE «Tatinvestgrazhdanproekt»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Chehova, 28

**Renovation of space-planning and architectural constructive structures
during reconstruction of a low-rise building in Kazan****Abstract**

Problem statement. The aim of the study is to identify the effectiveness and expediency of renovation of space-planning and architectural constructive solutions in the reconstruction of low-rise buildings with a high degree of physical and moral wear of building structures of the wall frame.

Results. The main results of the study are that as a result of renovation, a low-rise residential building with a dilapidated wall skeleton of brick masonry and unsystematic space-planning structure is formed into an updated object that has a strong, stable and durable frame-wall skeleton.

Conclusions. The significance of the results for architectural and construction space-planning solutions as a result of renovation is: preservation of the historical and architectural image of the building; improving the comfort of operation; providing a free and flexible space-planning structure; significant improvement of technical and economic indicators; reducing energy consumption and extending the «life» of the object that will meet regulatory requirements.

Keywords: renovation, frame, fire resistance, partial frame, monolithic, small caps, open floor plan, floating foundation.

References

1. Zilberova I. Y., Petrov K. S. Problems of reconstruction of residential building of different periods of construction // *Injenerny vestnik Dona*. 2012. № 4 (part 1).
2. Osipov S. N., Pozdnykos D. A. Some features of account of obsolescence at the choice of building variants, repair or reconstruction of building // *Nauka i tehnika*. 2016. vol. 15. № 6. P. 469–475.
3. Analysing low rise buildings construction. Essay. URL: <https://www.ukessays.com/essays/construction/analysing-low-rise-buildings-construction-essay.php> (reference date: 21.09.2018).
4. How Building Technologies Contribute to Reconstruction Advances Building Teams are employing a wide variety of components and systems in their reconstruction projects. Chapter 3. URL: <https://www.bdcnetwork.com/chapter-3-how-building-technologies-contribute-reconstruction-advances> (reference date: 21.09.2018).
5. Aidarova G. N. Tatar settlements of Kazan: architectural and urban development and methodological aspects of reconstruction / KGASU, Kazan, 1999. 95 p.
6. Ostroumov V. P. Kazan: essays on the history of the city and its architecture. Kazan, Izd-vo Kazanskogo universiteta, 1978. 294 p.

7. Theses of reports : proceedings of the 70th International scientific conference on the problems of architecture and building / KGASU, Kazan, 2018. P. 92–93.
8. The working project of reconstruction and processing of a wall brick skeleton in a skeleton with an incomplete framework for 2-storeyed, without a cellar, with an attic floor of the low-rise building of the house number 29 located down the Mayakovsky street, in the city of Kazan of the RT. Business agreement № 2/5-2017, 25.07.2017. The Ministry of education and science of the RF, FSBEI KSUAE, MSR. Volume 1-3.
9. Yuriev A. G. Bases of rational design of supporting structures. Belgorod : BTISM, 1988. 94 p.
10. Design Loads for Residential Buildings. Chapter 3. URL: https://www.huduser.gov/Publications/pdf/res_2000-2.pdf.
11. Sorochan E. A. The bases, foundations and underground structures. Handbook. 2018. 480 p.

УДК 72.03

Надырова Диляра Айдаровна

старший преподаватель

E-mail: dilyaran@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Аксёнова Ирина Александровна

главный архитектор

E-mail: aksenova_ia@mail.ru

ООО ЦТСС «ЭкспертПроектСтрой»

Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 546

**Архитектурно-градостроительное развитие
доходных многофункциональных зданий и комплексов Казани
во второй половине XIX-начале XX века**

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить особенности формирования и развития архитектуры многофункциональных доходных зданий в комплексе домовладений во второй половине XIX-начале XX века и их влияние на градостроительную структуру Казани.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что выявлены этапность строительства и особенности архитектурно-градостроительного развития многофункциональных доходных зданий Казани.

Выводы. Значимость полученных результатов для истории архитектуры Татарстана и России состоит в том, что впервые изучен процесс формирования и развития многофункциональных доходных зданий в Казани, как губернского центра. Выявлены общие и отличительные черты этого процесса в Казани в контексте развития МФДЗ в столичных и провинциальных городах России.

Ключевые слова: многофункциональное доходное здание, градостроительная структура, история архитектуры и градостроительства, архитектурный стиль, культурное наследие.

Введение

В историографии вопроса больше известно понятие «доходный дом», означающее жилой дом с квартирами и комнатами, сдаваемыми в наем для получения дохода. Однако доходный дом является частным случаем многофункционального доходного здания. Доходные дома были известны со времен античности. Тогда же сформировались прообразы многофункциональных зданий, когда на первых этажах римских инсул располагали торговые лавки, таберны и т.д. [1, 2]. В средние века в городах также существовало сдаваемое в наем жилье. Но более широкое распространение здания такого типа получили в эпоху промышленной революции в Западной Европе и Америке, поскольку развитие промышленности вызвало невиданный приток в города населения, нуждавшегося в жилье, работе и сфере торговли. В России МФДЗ появились во второй половине XVIII в., но особое распространение получили в столицах в первой половине, а в провинции – во второй половине XIX-начале XX вв.

Актуальность исследования. Архитектура многофункциональных доходных зданий и комплексов (МФДЗ и МФДК), их формирование и развитие в Казани в рассматриваемый период является малоисследованной научной проблемой. Непродуманная и не опирающаяся на научные исследования реконструкция исторических центров городов приводит к утрате архитектурного наследия и исторически сложившейся городской ткани, образуя в ней невосполнимые пустоты. Поскольку МФДЗ и комплексы в большой степени формируют застройку большинства улиц исторической части города, то заполнение в градостроительной структуре пустот современными зданиями приводит к потере уникального исторического облика города, к

утрате «духа места». Изучение процесса развития МФДЗ в Казани позволит выявить наиболее ценные их качества для сохранения историко-культурного потенциала исторического центра Казани и его устойчивого развития на перспективу.

Анализ отечественной историографии

Архитектура доходных зданий изучалась в различных аспектах: в объемно-планировочном, архитектурно-конструктивном, стилистическом и других. Так изучались доходные дома в архитектуре Владивостока начала XX века [3]. Авторы провели классификацию доходных домов по принципу размещения их по отношению к красным линиям улиц Владивостока, выделяя угловой и линейный (рядовой) типы зданий, группируя их при этом по форме плана здания на рядовые (прямоугольные), «Г»-образной и «П»-образной формы. Авторы выявили также региональные особенности размещения доходных домов Владивостока, обусловленные гористым рельефом города; особенности архитектурно-художественной композиции доходных домов, связанные с их расположением в градостроительной структуре города (на углу или по уличному фронту квартала); исследованы стилевые направления в оформлении доходных домов города. Другие авторы рассматривают доходные дома по конфигурации, по размещению в пространственно-планировочной структуре домовладения, по планировке и функциональной организации, когда на первом этаже размещены магазины, а на верхних – жилье, а также по стилевым характеристикам оформления зданий [4].

Появились статьи по ретроспективе доходных домов Москвы и Петербурга, в которых разобраны условия появления, кратко рассмотрены известные типы домов, современные условия их возрождения [5]. Исследованы социальные, экономические и политические предпосылки развития жилой среды в российских городах 2-й половины XIX-начала XX вв. Отмечается, что в современных условиях модель доходного дома, получившая развитие в середине XIX века и повлиявшая в последующем на развитие массового жилья, остается также актуальной для российских городов. Изучались развитие архитектурно-пространственных структур доходных домов и планировочные структуры квартир доходных домов отдельных регионов [6]. Развитие кварталов доходных домов Санкт-Петербурга исследовано в статье Е.И. Козыревой [7]. Автор прослеживает общие тенденции в развитии квартальной застройки города с XVIII по начало XX вв. через разрушительный советский и постсоветский периоды в современный период, анализируя в первую очередь целостную структуру и типологию пространства кварталов. Анализ историографии по теме исследования показал, что комплексно данная проблема историками архитектуры России не исследовалась.

Формирование МФДЗ и МФДК

К многофункциональным доходным зданиям и комплексам рассматриваемого периода следует отнести здания и комплексы, в которых совмещались жилая, торговая, зрелищная, административная, просветительно-образовательная и другие функции.

Казань – столичный город одноименной губернии являлся крупным промышленным и торговым центром Поволжья и Приуралья, связующим звеном между Востоком и Западом в Российской империи. Вот как описывала город местная общественно-политическая газета под названием Казанский биржевой листок¹ от 23.11.1869 г.: «...Казань была и долго будет для восточного края первым на пути торговым городом – центральным восточным рынком продажи и купли всякого рода товаров и центральной станцией, откуда можно отправить товар куда угодно и с удобствами. Вот почему происходит стягивание в Казань значительной части товаров восточного края, Сибири и наших отдаленных азиатских владений. Казань, таким образом, сама по себе является складочным и передаточным пунктом, имеющим большую нужду в удобном помещении для товаров и не меньшую нужду в кредите под товар, в облегчении и содействии к выгоде оборотов».

¹Казанский биржевой листок – газета, выходившая в г. Казани с 1869 по 1892 года. В ней печатались торгово-промышленные новости, сведения с бирж, постановления губернского земского собрания, а также литературные сообщения и фельетоны.

Развитие МФДЗ и МФДК в архитектурно-градостроительном аспекте целесообразнее анализировать на уровне квартальной застройки и домовладений. Формирование многофункциональных доходных зданий и комплексов в Казани началось в начале XIX в. с появлением гостиницы Дворянского собрания на западном склоне кремлевского холма в самом центре города. Гостиница Дворянского собрания располагалась в Петропавловском переулке (современная ул. Рахматуллина) в доме купца Ивана Дряблова, построенном в последней трети XVIII века. В 1813-1814 гг. здание было реконструировано и начало функционировать как дом Дворянского собрания. Он предназначался для временного проживания представителей дворянского сословия во время приезда в Казань из уездных поместий. Здесь появились зал для заседаний Дворянского собрания, ресторан, обслуживающие учреждения и т.д. К концу первой трети XIX века оно превратилось в крупный многофункциональный доходный комплекс – центр дворянского сословия. В результате страшного пожара, случившегося в 1842 г. комплекс сильно пострадал.

В первой половине XIX века Казань представляла в целом застроенный по регулярному плану город с классицистической застройкой (автор В.И. Кафтырев, 1768 г.) и неоднократно откорректированному Селезевым в 1838 г. и Ф.И. Петонди в 1845 г. после пожаров 1815, 1842 гг. Интересно описание застройки Казани первой трети XIX века современником – преподавателем Казанского Императорского университета Эрдманом Ф.Х., который писал: «В восточной верхней части города жилые дома каменные, в нижней западной по большей части деревянные (из уложенных друг на друга бревен). Каменные дома, в большинстве своем, крыты железом, многие из деревянных домов – на каменных фундаментах, обшиты досками и крыты тесом. Как правило, деревянные дома кроются двойными досками. Дома стоят иногда очень плотно, иногда так, что между ними остается проезд, а иногда и на еще большем расстоянии друг от друга, почти всегда упорядоченно по прямой линии по краю улицы и отделяются друг от друга каменными, деревянными стенами или забором из штакетника. За домом и около него дворовое пространство с хозяйственными постройками и в большинстве случаев – сад. Дворовое пространство то меньше, то больше, в среднем вполне просторное, часто очень большое. В нижней части города оно в большей части влажное, а в сырую погоду чрезвычайно грязное и лишь в очень редких случаях красивое. Главная причина тому – конюшни, находящиеся вокруг (везде держат лошадей, а большинство еще и коров)... Кроме того, во дворах есть амбары, дровяники, овощехранилища, каретники, бани и ледники» [8]. Здесь дано описание жилых усадеб Казани первых десятилетий XIX века. Помимо дворянства, представители других сословий Казани на короткий или длительный срок снимали жилье в виде квартир, комнат или углов в домах и флигелях описанных выше усадеб. В первой половине XIX века появляются дома и усадьбы, полностью предназначенные для сдачи в наем.

Градостроительный срез застройки Казани на середину XIX в. дает планировочная съемка 1850 года. Характеристика состояния застройки: – размещение построек по красным линиям прямых улиц и переулков по периметру прямоугольных или близких к ним кварталов; – «рыхлость» застройки за счет постановки зданий с пространственными разрывами и соединения их оградами с воротами; – наличие внутри домовладений и кварталов садов и озелененных пространств. Жилая застройка города была преимущественно одно- и двухэтажная. Однако в это время уже широко практиковалась сдача жилых помещений домов, флигелей в наем. Реформы государственного устройства России начала 1860-х гг. способствовали быстрому приросту населения в городах, в том числе и Казани. В начале 1860-х годов в Казани было 38 магазинов, 893 лавки, 73 амбара на пристанях, 5 гостиниц первого разряда, 20 гостиниц второго разряда, 8 гостиниц третьего разряда, 11 ресторанов, кафе-ресторанов и кофейных домов, 12 харчевень, 7 подворий с номерными комнатами для приезжающих, 20 постоянных дворов [9]. Многие из них размещались в помещениях, сдаваемых в наем домах. Расширение перечисленных функций и появление новых способствовало развитию многофункциональных доходных зданий и комплексов.

Методика изучения

Для изучения архитектурно-градостроительного развития доходных многофункциональных зданий и комплексов Казани в рассматриваемый период была

принята следующая методика: 1. Натурные исследования исторической застройки центральной части Казани, которые включали сплошное обследование с визуальным осмотром дворовых пространств исторических домовладений, картографированием, выявлением признаков многофункциональности и фотофиксацией построек для установления степени утрат первоначального облика. 2. Изучение библиографии по теме исследования и исторических планов Казани. 3. Систематизация и типологизация выявленных в процессе натурного исследования объектов по группе установленных критериев (размещение в структуре города, целостность и комплексность объекта, принадлежность к МФДЗ и МФДК, объемно-пространственная организация, конструктивно-материальная структура, стилистика фасадов и т.д.). 4. Архивные изыскания документов по выделенным типам объектов, позволяющих провести ретроспективный анализ развития МФДЗ и МФДК.

По результатам натурных, архивных и библиографических исследований удалось получить материалы по развитию доходных зданий и их комплексов, отобранных для изучения по следующим критериям:

- наиболее характерный тип застройки определенной части Казани;
- наличие полноценных историко-библиографических и архивных материалов, позволяющих документально отследить процесс развития здания на протяжении рассматриваемого периода;
- социально-культурная значимость данного объекта в истории Казани;
- характерное размещение этого объекта в пространственно-планировочной структуре Казани.

Отобранные объекты размещены во всех частях исторического центра Казани. Они составили выборку объектов, в которую вошли все типы МФДК по принципу объемно-пространственной организации домовладения: с рассредоточенными или частично связанными объектами на участке; с периметрально-замкнутой организацией объема и т.д. В данной статье из этой выборки будут рассмотрены несколько домовладений, расположенных в различных частях города: главной улице казанского посада на ул. Проломная и в Забулачной части города на ул. Московской.

Примеры развития МФДК

Одним из первых доходных домов Казани первой половины XIX считается дом Лаишевского купца 3-ей гильдии В.Е. Жарова (Шарова), располагавшийся на пересечении улиц Большой Проломной и Петропавловской (современные ул. Баумана, 42 и ул. М. Джалиля, 9). В историко-архивных документах значится, что на месте будущей усадьбы Жарова находился участок с деревянными постройкам, который он приобрел в 1835 г. Весной 1836 года казанский губернский архитектор Петонди Ф.И. разрабатывает для Жарова проект каменного двухэтажного дома, в основу которого был положен вариант дома из альбома образцовых проектов. Это был двухэтажный дом по ул. Проломной с флигелем по ул. Петропавловской, по периметру участка которого со двора располагались отдельно стоящие различные службы (каменные кладовые, каменная баня, холодные деревянные службы и т.д.). Проект получает одобрение Строительной Комиссии, но уже в сентябре 1836 года В.Е. Жаров решает изменить проект 2-х этажного дома на проект 2-х этажного дома с антресолями, о чем известил Казанскую губернскую комиссию Ф.И. Петонди, представив изменения здания на планах и фасадах, и указав, что новые прибавления послужат к большему украшению дома [10]. Новые добавления в проекте утверждаются Строительной Комиссией и Жаров строит двухэтажный кирпичный дом с антресолями.

Флигель и верхний этаж дома отдавались под жилье, а первый и полуподвальный этажи дома – различным заведениям. В 1841 году в доме В.Е. Жарова располагались: гостиница для приезжих; разнообразные продуктовые лавки, такие как пряничное заведение Тябухова, кондитерская Аппельгрена, фруктовая лавка Подуруева; мыльная лавка Замановых [11]. Следовательно, здание изначально имело многофункциональный и доходный характер. С 1872 года в этом доме располагалась виноторговля известного казанского водочного заводчика Д.И. Вараксина. На протяжении всего времени существования дома помимо квартир, в доме постоянно размещались гостиницы

различных владельцев: «Торговые номера», «Одесса», в конце XIX-начале XX вв. – «Биржевые номера» К.Л. Урванцева, включавшие 45 номеров.

В конце XIX века происходят изменения, существенно меняющие внешний облик дома. Здание надстраивают третьим этажом, со стороны ул. Петропавловской (позднее Никольской, современная улица М. Джалиля) закладывают арочный проезд во двор. Вдоль правой границы участка появляется двухэтажный каменный жилой флигель, который соединяется с главным домом переходом, также со стороны двора к дому пристраивают небольшой 2-хэтажный прямоугольный в плане объём. Так дом приобрел современный вид (рис. 1).



Рис. 1. Доходный дом Шарова на ул. Проломной (современная ул. Баумана):
слева – фото нач. XX в. [12]; справа – фото 2018 г. (иллюстрация автора)

В настоящее время границы первоначального домовладения В.Е. Жарова поменялись. Снесены хозяйственные службы, часть дворовых построек перестроена. На главном фасаде заложены арочные проемы первого этажа (вероятно, это произошло в период надстройки третьего этажа в конце XIX). В них устроены прямоугольные оконные и дверные ниши. Спуски в подвал, организованные со стороны улиц Баумана, М. Джалиля и со стороны двора утрачены.

Примером формирования МФДК, занимавшим целый квартал, служит комплекс, известный как «Казанское подворье», «Номера Щетинкина», гостиница «Казань». Он располагался в квартале, ограниченном улицами Большая Проломная (ул. Баумана), Гостинодворской (ул. Чернышевского), Малая Проломная (ул. Профсоюзная) и Петропавловская (ул. М. Джалиля). По завещанию купца 3-й гильдии, городского головы Ф.И. Хворова от 1829 года каменный четырехэтажный дом по Проломной улице отходил его дочери Н.Ф. Мельниковой. В 1835 г. ее муж Г.С. Мельников приобретает соседний дом полковника В. Страхова, и заказывает архитектору Ф.И. Петонди проект дома, который бы служил местом для размещения магазинов и временного проживания приезжающих, т.е. гостиницу. Дом был построен, но в городском пожаре 24 августа 1842 года он сильно пострадал. Наследники купца Г.С. Мельникова решают восстановить обгоревший дом по старому проекту и с устройством во дворе новых каменных служб. Ф.И. Петонди восстанавливает дом с прежним фасадом и каменными лестницами вместо старых деревянных. Он объединяет три обгоревших здания единым фасадом, разделив его на три части. Дом был отделан фризом и колоннами, центральная часть украшалась плоскими гирляндами и лепниной. Первый этаж дома заняли трактир и разнообразные магазины: сахарные и чайные лавки купцов Голенищева, Унженина, Цылбова, пряничное заведение Медведева, сапожная мастерская Зверева, цирюльня Кочетова, швейная мастерская Кораблевой [13]. Через некоторое время дом вместе с номерами переходит к купцу Ивану Яковлевичу Тихонову. Гостиница при нём была расширена и обновлена ее обстановка. В 1980-е владельцем огромного доходного владения становится купец Алексей Яковлевич Тихонов.

В начале XX столетия бывшие владения Тихоновых и соседнее домовладение П.И. Цылобова объединяются, и занимают почти весь квартал. Принадлежит эта территория теперь действительному статскому советнику П.В. Щетинкину. В 1902 году он перестраивает дом на углу улиц Проломной и Петропавловской. По проекту архитектора Л.К. Хрщоновича на него надстраивается четвертый этаж. Изменяется внешний вид дома, а соединив все постройки в одно домовладение, также происходит небольшая перепланировка обоих зданий. В этот период происходит преобразование угловых зданий комплекса за счет богатого эклектичного декора и тем самым изменение внешнего облика всего комплекса (рис. 2). Теперь это стал крупный многофункциональный доходный комплекс с преобладанием гостиничной функции. Помимо расположения в здании Номеров П.В. Щетинкина, первый этаж дома занимали аптека, косметический магазин, в том числе магазин «Ламп и посуды» Д. Черноярова и другие.



Рис. 2. Бывшее здание гостиницы «Казанское подворье» – номера П.В. Щетинкина на ул. Большой Проломной (современная ул. Баумана):

1. Вид с южной стороны квартала, фото 2018 г.
2. Вид с северной стороны квартала, фото 2016 г. (иллюстрация автора).
3. Вид с южной стороны квартала, 1910-е г. 4. Вид с северной стороны квартала, 1902 г. [12]

На примере домовладения дома и построек В.Е. Жарова и Номеров П.В. Щетинкина прослежено развитие домовладения в нижней купеческой части центра Казани.

Аналогичный процесс проходил в Забулачье, в татарской части Казани. Примером одного из многофункциональных доходных комплексов этой части города служит Апанаевское подворье на ул. Московской. На основе анализа архивных материалов установлено, как он складывался из нескольких домовладений и развивался до начала XX века.

Доходный комплекс «Апанаевское подворье», так же известный как «Московские номера», принадлежал богатейшей купеческой фамилии Апанаевых

В новое домовладение М.М. Апанаева входили первоначальные строения бывшей купеческой усадьбы Е.И. Реутовой, которые теперь принадлежали ему. Как следует из архивов, к 1885 году на участке появляется новое трехэтажное четырехподъездное здание, которое протянулось вдоль левой границы участка [14]. Первый этаж дома был отдан под складские помещения в количестве шестнадцати штук, попасть в которые можно было через большие проемы лучковой формы. Второй и третий этажи жилые –

предназначались для сдачи квартир. Помимо нового дома на участке располагались: двухэтажный усадебный дом, одноэтажные торговые лавки и деревянные холодные службы (рис. 3). Позже в центре и вдоль правой границы участка также строятся двухэтажные кирпичные корпуса. Со временем участок расширился вглубь квартала и одной стороной стал выходить на Поперечно-Тихвинскую улицу (ул. Г. Камала).



Рис. 3. А. Генплан дворового участка М.М. Апанасова, 1885 г.:

1. 2-х этажный каменный жилой дом; 2. Каменные лавки; 3. Каменный флигель;
 4. Жилой 3-х этажный флигель; 5. Деревянные холодные службы; 6. На каменных столбах навесы.
- Б. Современные границы участка бывшего доходного комплекса «Апанасовское подворье», 2015 г.:
1. Здание Апанасовского подворья, 1903 г.; 2. 3-х этажный флигель, 1885 г.;
 3. Предполагаемые исторические корпуса Апанасовского подворья (иллюстрация авторов)

В начале XX века на территории домовладения начинается большая реконструкция. Между 1900-1903 гг. строится новое трехэтажное здание. В его структуру вошли стоявшие ранее на этом месте двухэтажный усадебный дом с пристроенными к нему одноэтажными лавками, а также одноэтажный городской питейный дом. Все они были надстроены вторым и третьим этажами и объединены между собой в одно здание. В левой половине дома был устроен арочный сквозной проезд во двор. Так новое здание прямоугольное в плане из красного нештукатуренного кирпича гостиничного типа, выходившее главным фасадом на Сенную площадь, стало главной частью комплекса. Сам же участок превратился в большое доходное владение с несколькими жилыми корпусами, известное в городе как «Апанасовское подворье». В начале XX в. домовладение перешло по наследству сыну Апанасова Абдулле Мухамаджусуповичу.

Сегодня границы домовладения Апанасовых изменены. Хозяйственные службы утрачены, а часть строений оказались на территории соседних участков (рис. 3). На самом доме в советское время были изменены оконные и дверные проемы первого этажа главного фасада, утрачены декор в виде пилястр и поясков, утрачен металлический балкон второго этажа, опирающийся на две профилированные металлические колонны, также была сделана перепланировка 2-го и 3-го этажей. В 2012 была начата реставрация доходного комплекса. В 2013-2015 гг. проведена реставрация главного дома. Восстановлены в исторических габаритах оконные и дверные проёмы первого этажа главного фасада, восстановлен декор, кованые уличные и дворовые навесы, оконные и дверные ставни, балкон на опорах (рис. 4).

Подобные процессы формирования многофункциональных доходных комплексов были характерны в рассматриваемый период для столичных и других городов России, а также за рубежом. Это свидетельствует о глобальном масштабе рассматриваемого явления в архитектурно-градостроительном развитии городов.

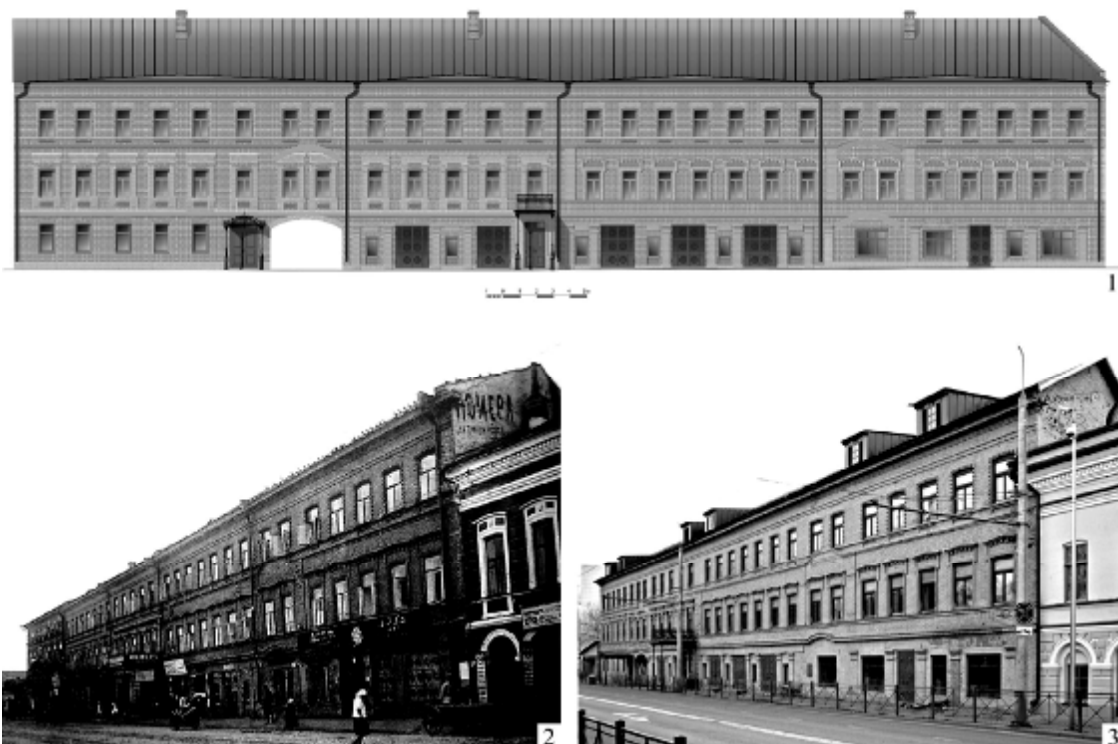


Рис. 4. Общий вид дома «Апанаевское подворье» с ул. Московской:

1. Проект реставрации дома Апанаевского подворья на начало XX века, главный фасад.
Архитекторы: Аксёнова И. А., Надырова Д. А., Галимова Л. Р.;
2. Фотограф И. Леушин, 1930-е г. [12]; 3. Фото 2015 г. (иллюстрация авторов)

Заключение

Анализ исследованных объектов позволил установить, что на протяжении 2-й половины XIX в. и особенно на протяжении 1860-х – начала 1880-х гг. шел процесс строительства флигелей, увеличения объемов существующих домов путем изменения габаритов и надстройки 2-го этажа. При этом в определенной степени сохранялась дискретность уличной застройки. В самом конце XIX в., и особенно на протяжении первых десятилетий XX в., наблюдался бум не столько нового строительства, сколько реконструктивного строительства МФДЗ, превращавшихся в МФДК путем объединения и надстройки нескольких существующих построек. Уличные фасады становятся сплошными и, для связи уличных и внутривортовых пространств, используются в основном тоннели-проезды, перекрываемые по красной линии улицы воротами. МФДЗ и МФДК, располагавшиеся на главных и больших улицах, общественных пространствах, за пятьдесят-шестьдесят лет после планировочной съемки 1850 г. кардинально изменили облик Казани. Необдуманные изменения или разрушения сохранившихся в Казани многофункциональных доходных зданий и комплексов могут привести к необратимым утратам в историческом облике Казани и потере устойчивого развития города.

Список библиографических ссылок

1. Д-р. Джеффри А. Бекер. Романская жилая архитектура: инсула // smarthistory.org: URL: <https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-insula> (дата обращения: 23.09.2018).
2. Глен Р. Стори. Значение слова «Insula» в Римской жилой терминологии // Мемуары Американской академии в Риме. 2004. Т. 49. С. 47–84.
3. Юденко И. Н., Моор В. К. Доходные дома в архитектуре Владивостока начала XX века // Новые идеи нового века : материалы Пятнадцатой Международной научной конференции / ТОГУ. Хабаровск, 2015. Т. 1. С. 347–352.

4. Стехова Е. В. Основные стилевые направления в архитектуре доходных домов Владивостока в конце XIX-начале XX века // Новые идеи нового века: материалы Международной научной конференции / ТОГУ. Хабаровск, 2017. Т. 1. С. 365–369.
5. Аксенова И. В. Доходные дома вчера и сегодня // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 10. С. 15–19.
6. Тарасова Ю.И. Развитие архитектурно-пространственной структуры сибирского доходного дома // Региональные архитектурно-художественные школы. 2013. № 1. С. 314–318
7. Козырева Е. И. Петербургский квартал: пространство и мир // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2015. № 3. С. 44–65.
8. Жаржевский Л. М. Профессор Эрдман: немецкий ученый, оставивший описание казанского «благоустройства» начала XIX века // *realnoevremya.ru* : онлайн-газета. URL: <https://m.realnoevremya.ru/articles/80588-nemcy-v-kazani-chast-1-professor-iogann-fridrih-erdman> (дата обращения: 16.09.18).
9. Загидуллин И. К. История Казани в документах и материалах. XIX век. Промышленность, торговля, финансы. Казань : Магариф, 2005. 719 с.
10. Национальный Архив РТ. Ф. 98. Оп. 1. Д. 54.
11. Васильева Ю. В., Хайруллина А. Т., Новиков С. А. История первых доходных домов Казани // Мир искусств: Вестник Международного института антиквариата ASG. 2013, № 2 (02). С. 111–115.
12. Казань – ностальжи // <https://www.facebook.com/groups/Kazan.nostalgique/photos> (дата обращения: 14.09.18).
13. Здание Казанского подворья, 1843-1848 гг. 1902 г. арх. Петонди Ф. И. // *centernasledie.ru* : Центр культурного наследия Татарстана URL: <http://centernasledie.ru/objects/897/> (дата обращения: 12.10.2018).
14. О постройках и исправлениях по второй части г. Казани за 1985 г. // Национальный Архив РТ. Ф. 98. Оп. 2. Д.1080.

Nadyrova Dilyara Aidarovna

senior lecturer

E-mail: dilyaran@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Aksenova Irina Aleksandrovna

chief architect

E-mail: aksenova_ia@mail.ru

LLC CTSC «EkspertProektStroy»

The organization address: 420012, Russia, Kazan, Butlerova st., 54b

Architectural and urban development of profitable multifunctional buildings and complexes of Kazan in the second half of XIX-early XX century

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to identify the features of the formation and development of the architecture of multifunctional profitable buildings in the complex of households in the second half of XIX-early XX century and their impact on the urban structure of Kazan.

Results. The main results of the study are that the stages of construction and features of architectural and urban development of multifunctional profitable buildings of Kazan are revealed.

Conclusions. The significance of the results for the history of architecture of Tatarstan and Russia is that for the first time the process of formation and development of multifunctional profitable buildings in Kazan as a provincial center has been studied. Common and distinctive features of this process in Kazan in the context of the development of multifunctional profitable buildings in the capital and provincial cities of Russia are revealed.

Keywords: multifunctional profitable building, town-planning structure, history of architecture and town-planning, architectural style, cultural heritage.

References

1. Dr. Jeffrey A. Becker. Roman domestic architecture: the insula // smarthistory.org. URL: <https://smarthistory.org/roman-domestic-architecture-insula> (reference date: 23.09.2018).
2. Glenn R. Storey. The Meaning of «Insula» in Roman Residential Terminology // *Memoirs of the American Academy in Rome*. 2004. Vol. 49. P. 47–84.
3. Yudenok I. N., Moor V.K. Residential buildings in architecture of Vladivostok early XX century // *New ideas of the new century: proceedings of the Fifteenth International scientific conference / PNU. Khabarovsk*, 2015. Vol. 1. P. 347–352.
4. Stehova E. V. The major styles in architecture of apartment houses of Vladivostok in the late XIX-early XX century // *New ideas of the new century: proceedings of the International scientific conference / PNU. Khabarovsk*, 2017. Vol. 1. P. 365–369.
5. Aksenova I. V. Apartment houses yesterday and today // *Promishlennoe i grajdanskoe stroitelstvo*. 2014. № 10. P. 15–19.
6. Tarasov Y. I. the development of the architectural and spatial structure of the Siberian apartment building // *Regionalniye architecturno-hudojestvennyye shkoly*. 2013. № 1. P. 314–318.
7. Kozireva E. I. The Saint Petersburg quarter: space and world // *Vestnik Sankt-Petersburgskovo Universiteta. Iskustvovedenie*. 2015. № 3. P. 44–65.
8. Jerzewski L. M. Professor Erdmann: German scientist, who left a description of «improvement» in the early XIX century // *realnoevremya.ru*: online newspaper. URL: <https://m.realnoevremya.ru/articles/80588-nemcy-v-kazani-chast-1-professor-iogann-fridrih-erdman> (reference date: 16.09.18).
9. Zagidullin I. K. The history of Kazan in documents and materials. XIX century. Industry, trade, finance. Kazan : Magarif, 2005. 719 p.
10. National archive of RT. F. 98. Op. 1. D. 54.
11. Vasiliev Y. V., Khairullina A. T., Novikov S. A. The story of the first apartment houses of Kazan // *Mir iskusstv: Vestnik Mejdunarodnogo instituta antikvariata ASG*. 2013. № 2 (02). P. 111–115.
12. Kazan – nostalgique // <https://www.facebook.com/groups/Kazan.nostalgique/photos> (reference date: 14.09.18).
13. The building of the Kazan monastery, 1843-1848. 1902 architect. Petondi F. I. // *centernasledie.ru*: Cultural Centre of Tatarstan Republic. URL: <http://centernasledie.ru/objects/897/> (reference date: 12.10.2018).
14. About constructions and corrections on the second part of Kazan for 1985 year // National Archive of RT. F. 98. Op. 2. D. 1080.

УДК 72.035.1

Попов Антон Олегович

кандидат технических наук

E-mail: a.o.popov@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Бирюлева Диляра Камиловна

директор

E-mail: dila899mail.ru

ООО «Девелоперская компания «ДКИМ»»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 54а

Зотов бастион Петропавловской крепости г. Санкт-Петербург. Архитектурно-строительная часть летописи

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить основные этапы возведения Зотова бастиона Петропавловской крепости, а также определить степень влияния ранее проведенных работ по реставрации и консервации объекта культурного наследия.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в получении данных о систематизации и анализе данных полученных по результатам проведения историко-культурных и инженерно-технических исследований проведенных авторами.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в том, что авторами получены уникальные данные о ранее неизвестных работах, выполненных при реализации реставрационных и консервационных работах, проанализированы и систематизированы архивные материалы [1-5], которые позволили выявить степень вмешательства разных периодов эксплуатации бастиона.

Ключевые слова: памятники истории и культуры, инженерная реставрация, реконструкция, усиление.

Введение

Хронология застройки Петропавловской крепости достаточно хорошо описана благодаря работе неизвестного автора [1, 2]. Петропавловская крепость и ее Зотов бастион являются одними из первых капитальных строений г. Санкт-Петербург. Возведение Петропавловской крепости ознаменовал первый период застройки территории г. Санкт-Петербург и имел значительное влияние на правобережье р. Нева и в целом на северную часть города, вокруг которого возникали сначала хаотично расположенные, а потом объединенные в единую сеть многочисленных посадов и слобод, имеющими собственную идентичность и характерные признаки проживающего там населения, а также характера использования земельных наделов. При освоении городских территорий длительное время сохранялось административное распределение территорий.

Исторические аспекты застройки территории

В геоморфологическом отношении площадка расположена в пределах Приморской низменности и приурочена к правобережью р. Нева. Рельеф участка относительно ровный.

В административном отношении Зотов бастион находится в Петроградском районе г. Санкт-Петербург в северо-восточной части Заячьего острова по адресу: Петропавловская крепость. Исследуемое сооружение является Зотовым бастионом комплекса зданий Петропавловской крепости (рис. 1). Согласно заданию на научно-исследовательские, изыскательские, проектные и производственные работы, сооружение заложено в 1703 г. по указу Петра I и первоначально устроено в деревоземляном исполнении. Перестройка в камне бастиона была начата с закладки левого фланка в 1706 г. (арх. Трезини).

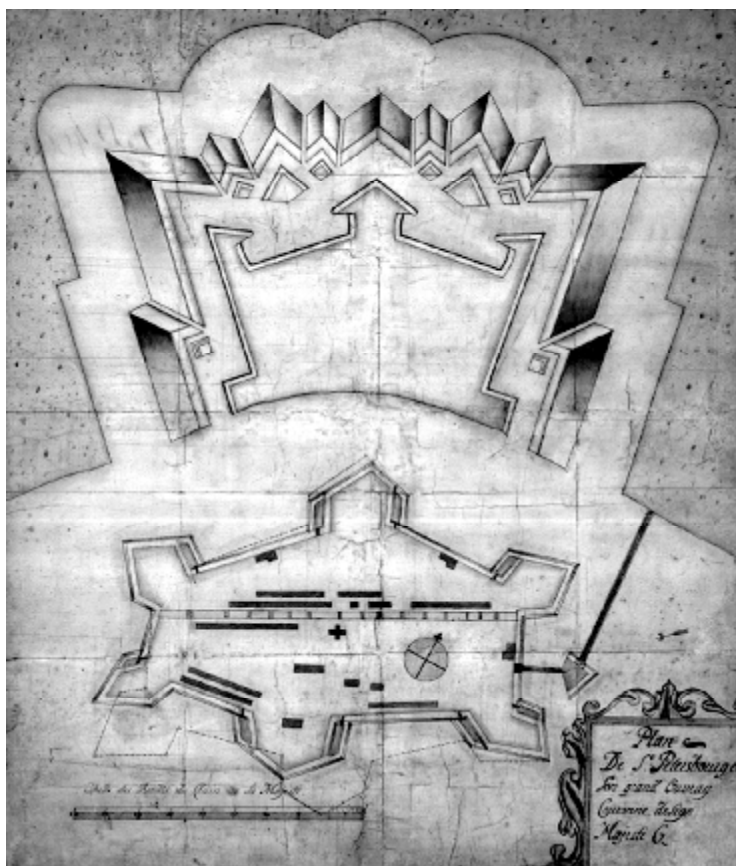


Рис. 1. План застройки Петропавловской крепости г. Санкт-Петербург [3]

О форме и конструктивном решении изначального строения Зотова бастиона можно судить по сохранившимся фрагментам, обнаруженным при проведении противоаварийных мероприятий на Меншиковом бастионе (рис. 2) [6], кроме того необходимо отметить, что Зотов бастион в плане является практически зеркальным отражением Меншикова бастиона, однако в деталях является уникальным сооружением.



Рис. 2. Фрагмент несущего остова деревоземляного бастиона возведенного в 1703 г.
(иллюстрация авторов)

В Зотове бастионе в разное время размещались Гарнизонная и Тайная канцелярии, инженерные мастерские и кузница, архивы главного казначейства и Провиантской экспедиции, склад артиллерийского вооружения.

Зотов бастион – в плане представляет собой мощный, не равносторонний в плане, клин, шпиг которого обращен на северо-восточную часть Кронверкского пролива. Бастион находится в общем архитектурном ансамбле фортификационных сооружений Петропавловской крепости, состоящих из шести бастионов и соединяющих их куртин [3, 9-11]. К Зотову бастиону примыкают Никольская и Васильевская куртины.

Фасады бастиона устроены без особых архитектурных изысков, минимализм архитектурных форм не удивителен для фортификационного сооружения, коим Петропавловская крепость, в том числе и Зотов бастион, являлась вплоть до 1960 г., когда и была передана в ведение Государственного музея истории города. Тем не менее, фасады эскарповых стен украшены декоративным пояском и карнизом из известковых камней, а внутренние и внешние углы бастиона сложены из тесаных камней. Вольгановые стены имеют лишь декоративный карниз. Аппарель украшена декоративными парапетными плитами и круглыми в плане тумбами, устроенными из тесаных камней.

В конструктивном отношении бастион представляет собой каменный люнет с двумя фасадами, двумя фланками и открытой горжей, со стороны которой устроена аппарель. Бастион имеет два ряда стен: наружную (эскарповую) и внутреннюю (вольгановую) – пространство между, которыми засыпано грунтом. В пределах Зотова бастиона располагаются четыре каземата, имеющих разные конфигурации и конструктивные решения.

Фундаменты здания ленточные на свайном основании, выполнены из бутового камня на известковом растворе шириной равной толщине опирающихся на них стен. Глубина заложения фундаментов составляет до 3300 мм. На грунтовое основание фундаменты опираются через бутовую подушку. Вскрытый уровень грунтовых вод (стоячий) на глубине 2740 мм ниже уровня пола 1-го этажа.

В 1707-1709 годах бастион в форме люнета с двумя полуконтгардами приобретает форму, представляющую современнику (рис. 3), за одним исключением, заключающемся в том, что полукруглый орильен, будет построен значительно позже. При строительстве каменного бастиона его положение в плане было несколько выдвинуто вперед относительно деревоземляного строения. Последний прием позволил, не срывая существующего деревоземляного бастиона, возвести новый каменный. В связи с тем, что эскарповые и вольгановые стены нового бастиона возводились вокруг деревоземляного сооружения, их пришлось выдвинуть, вперед, к Кронверкскому проливу, а также вглубь крепости. Этот прием позволил повысить оборонительный потенциал каменного бастиона в связи с тем что значительно сократился сухопутный гласис перед бастионом. Известно, что при возведении Зотова бастиона был устроен потайной ход в эскарповой стене, положение которого, на момент проведения исследования, не выявлено, однако, с большой долей вероятности, он мог, располагаться вблизи орильона, это решение характерно для бастионных крепостей, возводимых по системе де Вилля. Эскарповые стены возводимого в начале XVIII века бастиона, имели высоту до 12 м и ширину, переменную по высоте, которые заканчивались стрельчатыми амбразами. За амбразами устраивались барбетные площадки, на которые устанавливались орудия различного калибра. Эскарповые стены были устроены значительно меньшей высоты, а толщина стены доходит до 2 метров.

В 1737 году во дворе бастиона по проекту военного инженера В. Меншикова, Государева и Чертова была построена деревянная аппарель длиной около 30 метров с шириной проезжей части около 5 метров. В 1752 году в Зотовом бастионе возвели каменную аппарель (рис. 4), длиной 30 метров и шириной более 6 метров. Внутри аппарели устроили по четыре сводчатых каземата, высота которых возрастала от двух до трех метров по мере их приближения к шпигу бастиона. Каждая аппарель имела в своей правой стене два дверных и три оконных проема, а в левой стене – одну дверь. Проезжая часть аппарели была вымощена булыжным камнем. После перестройки в камне аппарель бастиона была ориентирована строго на шпиг. На валгангах, вдоль бруствера, были устроены земляные барбетты для установки орудий. Под аппарелью размещены четыре

каземата со сводчатыми перекрытиями, кладку которых устраивали на известковом растворе, пазухи сводов бутили кирпичным боем, затем поверхность над сводами выравнивали уложенными плашмя, в несколько рядов и промазанными глиной кирпичами, с наклоном для отвода воды, и засыпали землей.

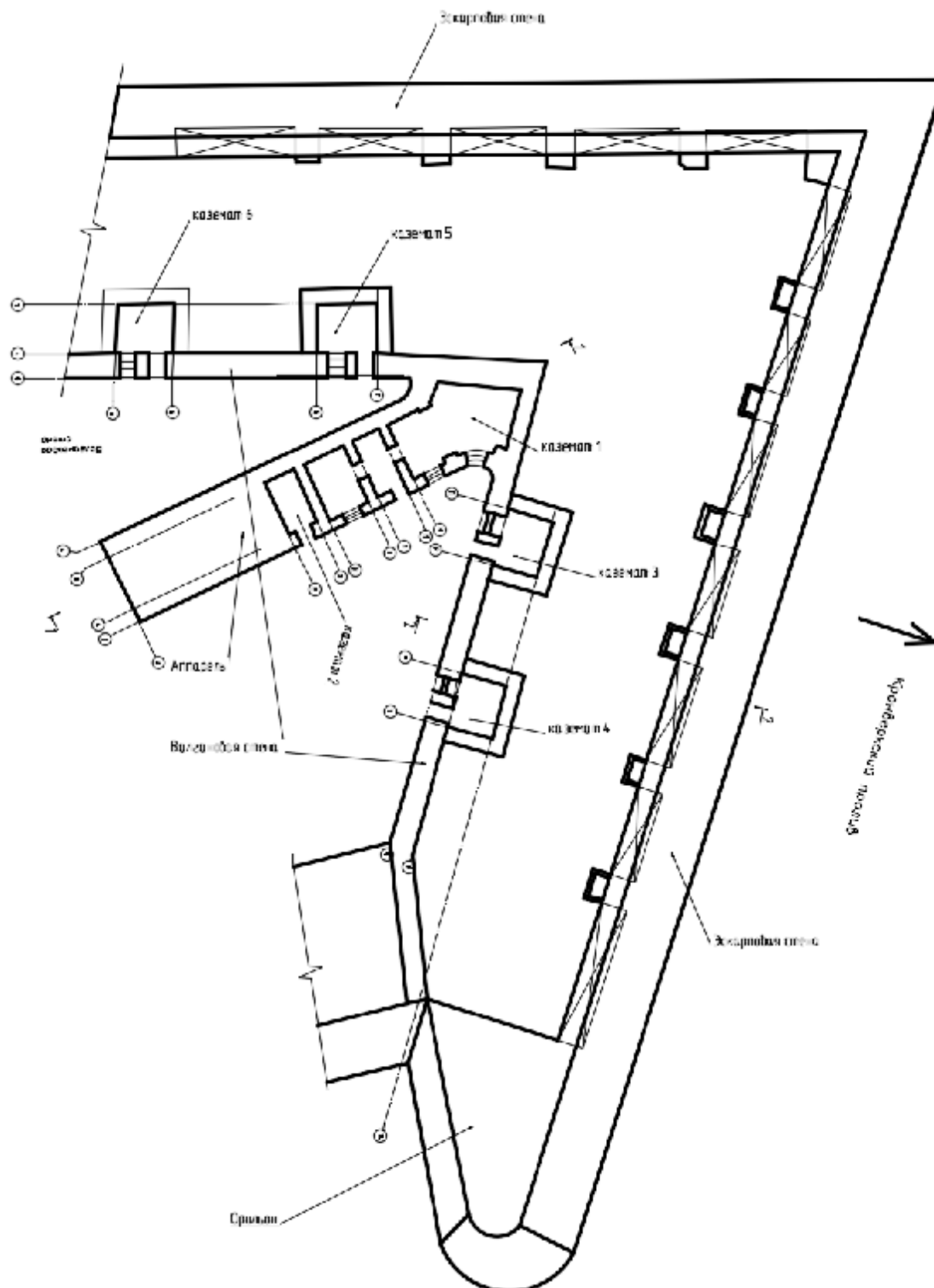


Рис. 3. Схематичный план Зотова бастиона Петропавловской крепости, построенный по результатам обмеров авторов (иллюстрация авторов)

Аппарель Зотова бастиона достаточно пологая и имеет длину 30,0 м (рис. 4), ширина аппарели с учетом кирпичных парапетов 6,95 м. Внутри аппарели устроены

четыре каземата различной высоты от 2,0 м до 3,0 м, высота перекрытия казематов увеличивается по мере приближения к шпицу бастиона. Перекрытия казематов, расположенных в пределах аппарели, устроены в виде цилиндрических сводов с распалубками. Стены выполнены из полнотелого глиняного кирпича на известковом растворе, оштукатуренные с внешних сторон декоративной известковой штукатуркой с расшивкой имитирующей кирпичную кладку.

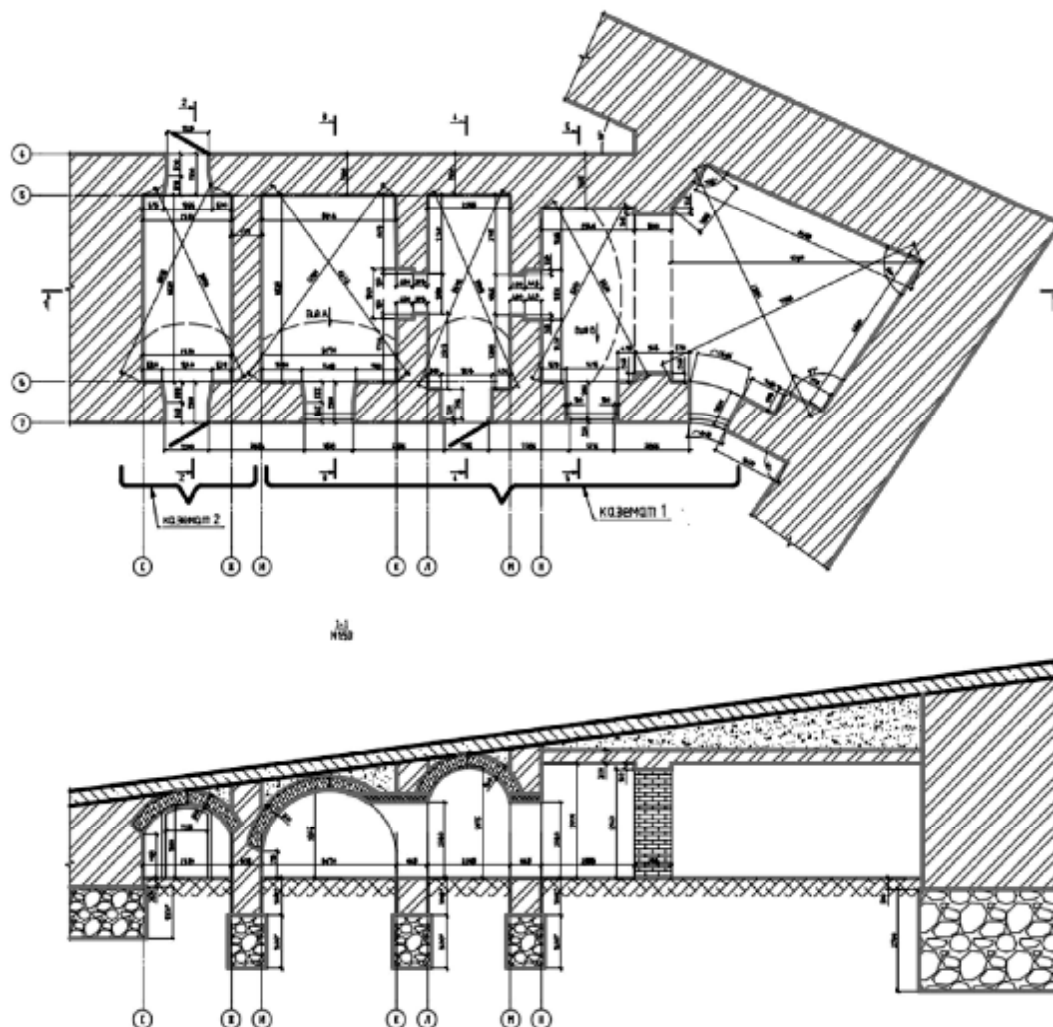


Рис. 4. Схематичные план и разрез аппарели по результатам обмеров проведенных авторами (иллюстрация авторов)

Располагающиеся внутри Зотова бастиона казематы подразделялись на оборонительные и охранительные. На схематичном плане (рис. 3) показаны только охранительные бастионы в связи с тем, что оборонительные бастионы располагались вблизи эскарповой стены и были засыпаны при проведении консервационных мероприятий реализованных в 60-70-х годах XX века. Известно, что оборонительные бастионы имели длину до 12-16,0 м и ширину 3-6,0 м.

Казематы внутри аппарели, в XVIII-XIX веках, приспособлялись под кладовые, гарнизонные мастерские и бани для нижних чинов. Планировка казематов неоднократно менялась, а в боковых стенах аппарели появлялись новые дверные и оконные проемы. В середине XIX столетия они были перестроены и стали одноэтажными. Места выходов пороховых камер и сейчас можно видеть по двум сохранившимся проемам.

В 1828-1835 гг. были предприняты работы по коренной переделке эскарповых стен. В 1840 году у подножия аппарели устроили прямоугольные тумбы, а парапеты покрыли железными листами. Была изменена форма и величина амбразур: в каждой амбразуре

стало по одной бойнице. В связи с этим был уничтожен деревянный накат между ярусами внутри казематов. В 1847 году по сводам казематов уложили слой асфальта и устроили сверху новую булыжную мостовую.

В 60-70-х годах XX века аппарель реставрировалась, в левых стенах был восстановлен дверной проем в первый, самый низкий каземат. В правой стене аппарели раскрыли от закладок один дверной и три оконных проема.

Парапеты аппарели были покрыты новыми известняковыми плитами. По сохранившимся следам восстановили квадратные тумбы в подножии аппарели и произвели работы по гидроизоляции. Работы по гидроизоляции валгангов бастиона велись с 1969 по 1977 гг. по проектам инженеров СНРПМ О. Фридмана и А.Б. Рийконена. По грунту был уложен кирпичный щебень, поверх которого сделана цементная стяжка. Затем произведено покрытие холодной асфальтовой мастикой и насыпан слой из смеси песка с мелкозернистым гравием, по которому осуществлена засыпка землей и выстилка дерном. Гидроизоляция делалась с расчетом на удаление воды сквозь толщу песка в водосборные колодцы, к которым проложили трубы дренажной системы. В 2009-2010 гг. был выполнен ремонт валгангов и шпица бастиона с последующей засыпкой земляного покрытия, выполнена гидроизоляция в виде глиняного замка фундаментов со стороны валгангов.

Вскрытия шурфа над казематами Зотова бастиона Петропавловской крепости показало, что система гидроизоляции и отвода воды в водоприемные воронки оказалась не эффективной, в связи, с чем состояние внутренних казематов бастиона и казематов под аппарелью ограничено работоспособной.

Заключение

Исследовав хроники застройки территории [8] и материалы проведения ранее выполненных строительно-монтажных, консервационных и реставрационных работ [1, 2], а также исследований авторов [6] можно заключить, что состояние видимой, а также скрытой от обывателей его части является недопустимой и требует незамедлительного проведения реставрационных работ.

Список библиографических ссылок

1. Летопись Петропавловской крепости. Том 1. СПб. : Турусел, 2008. 227 с.
2. Летопись Петропавловской крепости. Том 2. СПб. : Турусел, 2008. 142 с.
3. Семенцов С. В. «Plan de St. Petersbourg et son grand ouvrage...couronne design... Majeste g...» (большой план крепости Санкт-Петербург с кронверком...) // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 4. С. 106–124.
4. Архивные материалы администрации музея «Петропавловской крепости» г. Санкт-Петербург, 1703-2018 г. // ГМПК, Ф. 312-323.
5. Архивные материалы «Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры» (КГИОП) г. Санкт-Петербург, 1703-2018 г. // КГИОП, Ф. 587.
6. Попов А. О., Матвеев И. Ю., Бирюлева Д. К. Меншиков бастион Петропавловской крепости в Санкт-Петербурге. Архитектурно-строительная часть летописи // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 54–58.
7. Надырова Х. Г. Современный подход к преподаванию историко-архитектурных дисциплин // Дизайн-ревью. 2014. № 1. С. 68–73.
8. Sementsov S. V. Regularities of creating in the XVII-mid XX centuries a regular agglomeration of St. Petersburg – Leningrad and problems of its preservation as a world heritage object // Advanced materials research. 2014. № 1020. P. 624–654.
9. Logunova M. The Peter and Paul fortress. SPb. : Alfa-colour, 2003. 34 p.
10. Logunova M. Peter-Paul-Festung. SPb. : Alfa-colour, 2003. 33 p.
11. Lavrov L. P., Sementsov S. V. Globalization in architecture: three examples from Saint Petersburg // World applied sciences journal. 2013. № 13. P. 25–30.

Popov Anton Olegovich

candidate of technical sciences

E-mail: a.o.popov@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Biryuleva Dilyara Kamilovna

director

E-mail: dila899@mail.ru**LTD «Development company «DKIM»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Butlerova st., 54a

**Zotov's Bastion of Peter and Paul fortress of St. Petersburg.
Architectural-construction part of the chronicle****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the main stages of the construction of the Zotov's Bastion of the Peter and Paul fortress, as well as to determine the degree of influence of the previous works on the restoration and conservation of the cultural heritage.

Results. The main results of the study consist in obtaining data on the systematization and analysis of the data obtained from the results of historical, cultural and engineering technical studies conducted by the authors.

Conclusions. The significance of the results is that the authors obtained unique data on previously unknown works performed in the implementation of restoration and conservation works, analyzed and systematized archival materials [1-4], which allowed to identify the degree of intervention of different periods of operation of the Bastion.

Keywords: historical and cultural monuments, engineering restoration, reconstruction, structural solutions.

References

1. Chronicle of the Peter and Paul fortress. Vol. 1. SPb. : Turusel, 2008. 227 p.
2. Chronicle of the Peter and Paul fortress. Vol. 2. SPb. : Turusel, 2008. 142 p.
3. Sementsov S. V. «Plan de St. Petersburg et son grand ouvrag ... couronne design... Majesty g ...» (Large plan of the fortress of St. Petersburg with kronverk...) // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2014. № 4. P. 106–124.
4. Archival materials of the administration of the Museum «Peter and Paul fortress» St. Petersburg, 1703-2018 y. // GMPK, F. 312-323.
5. Archival materials «of the Committee for state control, use and protection of monuments of history and culture» (KGIOP) St.-Petersburg, 1703-2018 y. // KGIOP, F. 587.
6. Popov A. O., Matveev I. Yu., Biryuleva D. K. Menshikov Bastion of the Peter and Paul fortress in Saint-Petersburg. Architectural and construction part of the chronicle // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2015. № 3 (50). P. 54–58.
7. Nadyrova H. G. A modern approach to the teaching of historical and architectural subjects // Dezain Revu. 2014. № 1. P. 68–73.
8. Sementsov S. V. regulations of creating in the XVII-mid XX centuries a Regular agglomeration of St. Petersburg-Leningrad and problems of its preservation as a world heritage object // Advanced materials research. 2014. № 1020. P. 624–654.
9. Logunova M. the Peter and Paul fortress. SPb. : Alfa-colour, 2003. 34 p.
10. Logunova M. Peter-Paul-Festung. SPb. : Alfa-colour, 2003. 33 p.
11. Lavrov L. P., Sementsov S. V. Globalization in architecture: three examples from Saint Petersburg // World applied sciences journal. 2013. № 13. P. 25–30.

УДК 72.035.1

Попов Антон Олегович

кандидат технических наук

E-mail: a.o.popov@yandex.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Матвеев Игорь Юрьевич

директор

E-mail: matigur@mail.ru**ООО «ЦТСС «ЭксперПроектСтрой»»**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 54а

Градостроительное развитие территории комплекса зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург в период с 1703 по 1730 гг.

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить основные этапы застройки территории комплекса зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург в период с 1703 по 1730 гг. Указанный период застройки территории и градостроительной ситуации является наименее изученным.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в получении данных о градостроительной ситуации и застройки территории комплекса зданий Главного Адмиралтейства в период с 1703 по 1730 гг.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что на основании историко-культурных и инженерно-технических исследований, проведенных авторами, получены ранее неизвестные данные об уникальном периоде застройки г. Санкт-Петербург.

Ключевые слова: памятники истории и культуры, инженерная реставрация, реконструкция, усиление.

Введение

Территория комплекса зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург и его центральной башни является, как высотной доминантой, так и истоком трехлучевой композиционной структуры города, которая сформировалась в период с 1730-х годов, однако зачатки ее были сформированы в период закладки здания. Трехлучевая композиционная структура города была результатом оборонительных и логистических задач поставленных перед первыми архитекторами и зодчими, участвовавшими при закладке и строительстве Адмиралтейской крепости и верфей в период с 1703 по 1730 гг.

Указанный период застройки территории практически не находит упоминаний в общедоступной литературе, а те данные, которые имеются [1-15], весьма противоречивы и спорны.

Исторические аспекты застройки территории

Согласно историческим хроникам, территория современного Санкт-Петербурга в период с IV по XVII вв. многократно переходила «из рук в руки», что подтверждается проведенными археологическими изысканиями [1].

По общепринятому мнению, местность, ныне занятая Санкт-Петербургом, издавна населена ижорцами, жившими на реках Ижоре и Славянке. У Нестора встречается описание битвы Великого Князя Владимира с норвежским Принцем Эриком, напавшим на северные пределы России. Родственные отношения сына князя Владимира – Ярослава и его приемников с властителями Швеции и Норвегии еще более укрепили за Русью право на Ингерманландию и Карелию.

С 1240 г. шведы, под предводительством Биргера, возобновили свои нападения на Невские берега, где и были разбиты Великим князем Александром Ярославичем Невским. С тех пор Вотская пятина, находилась под властью Великого Новгорода. К этому же времени относится построение Шведами при впадении реки Охты в Неву, крепости

Ландскороны, разрушенной новгородцами, построившими в 1323 году крепость Орешек, взятую королем Мангусом. Мангус желал обратить Новгородцев в Латинскую веру, но, уstraшенный приготовлением их к нападению на его флот, не решился идти на Новгород, а, разорив крепость Орешек, удалился. В переписной окладной книге по Новгороду в 1500 г. описана Вотская пятина, которая заключала в себе земли от Волхова по обеим сторонам р. Нева до границ Лифляндии и Финляндии с городом Орешком и, лежавшими в том уезде, селениями. В этот период оброк шел в пользу Новгородских монастырей.

В переписной книге 1500 года встречаются, неприкосновенные и при шведском владычестве, названия поселений – Рядово, Новое, Петрушено, Токсово, Черное на черной речке близ города Орешка. В 1487 г. Иоанн III, уничтожив вольницу Новгородскую, подчинил своей власти и Ингрию.

В 1581 году Иоанн IV едва не лишился всей Ингрии и Карелии, а отторгнутые их части были возвращены в 1590 г. при царствовании Федора Иоанновича.

Во времена смуты (междоусобицы) Шведы овладели Ингерманландией, которая и утверждена за ними «Столбовским» договором в 1617 г.

К 1611 г. относится построение Шведами г. Ниена, защищенного крепостью Ниеншканц. Этот город имел привилегии, дарованные Шведским королем Густавом Адольфом и его преемницей – королевой Христиной. Он стал крупным торговым пунктом. Впервые Ниенн был взят в 1655 г., однако там не удалось закрепиться, и город так и остался шведским, но ненадолго.

Окончательно укрепиться на берегах р. Нева удалось в апреле-мае 1703 г., когда войска под командованием графа Б.П. Шереметьева, захватили крепость Ниеншанц [2], расположенную в устье р. Охта (рис. 1).



Рис. 1. Историческая карта территории застройки г. Санкт-Петербург [3]

Закладка Адмиралтейской крепости и верфей

Высочайшим повелением Петра I Адмиралтейство было заложено 5 ноября 1704 года, запись об этом событии нашла отражение в дневнике: «Заложили Адмиралтейский дом и были в Остерии и веселились, длина 200 сажен, ширина 100 сажен» [4]. Кроме того, в записях отразилась информация об основных конструктивных решениях по возведению зданий и сооружений: «Сей верфь делать государственными работниками или подрядом, как лучше, и строить по сему: жилья делать мазанками прямыми без кирпича; кузницы обе каменные в 1/2 кирпича; амбары и сараи делать основу из бруса и амбары доделать мазанками, а сараи обить досками, только как мельницы ветряные обиты, доска в доску, и у каждой доски нижний край обдорожить и потом писать красною краскою. От реки бить поженными сваями» [5], в этой связи принято считать, что изначальный план адмиралтейства был составлен Петром I.

Устройство укреплений вокруг Адмиралтейства было связано с угрозами нападения шведских войск, ведь шведы все еще претендовали на рассматриваемую территорию. На архивных картах Санкт-Петербурга к 1705 г [6] уже видны зубчатые контуры Адмиралтейства (рис. 2), утроенного по типу Петропавловской крепости, с одной отличительной особенностью – открытой северной стороной, обращенной к р. Невы. Для предотвращения размыва и обрушения береговой линии использовалась причальная стенка консольного типа из обожженных свай [5].

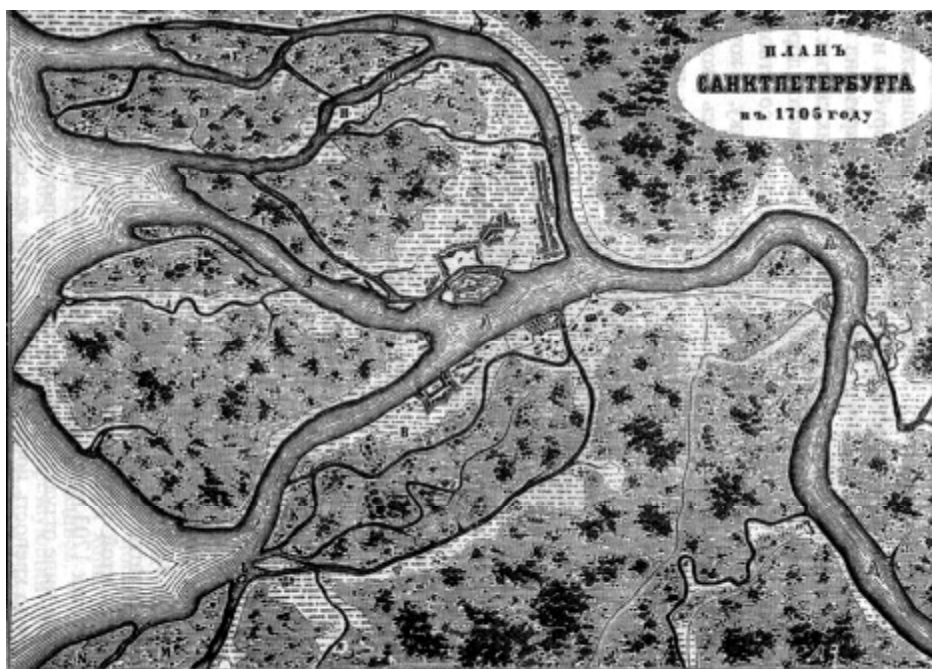


Рис. 2. Историческая карта г. Санкт-Петербург к 1705 г. [6]

По современной классификации инженерная защита береговой линии была выполнена по пассивной схеме, при этом изначально нарушался водный режим, и крепость «врезалась в речную гладь» бастионами (рис. 3, поз. 4-5), а также малыми береговыми укреплениями (10), выполняющими функции причальных стенок. Кроме того, на фрагменте карты виден внутренний канал (11), который, вероятнее всего, на 1705 г. выполнял функцию дополнительного крепостного рва, а его береговое укрепление было выполнено из деревянных свай («...От реки бить поженными сваями» [5]). Учитывая водный режим и инженерно-геологические территории (в основании фундаментов, при проведении изысканий [8], были выявлены преимущественно мелкие пески средней плотности, насыщенные водой) забивка свай осуществлялась вплотную. Указания по устройству внутренних крепостных рвов (6) отсутствуют, наиболее вероятно их устройство по тому же принципу, как указано для берегового укрепления [5].



Рис. 3. Фрагмент исторической карты г. Санкт-Петербург 1705 г. [6]

К началу XVIII века крепости бастионного типа были широко распространены в фортификационном строительстве [9] и устраивались по одной из предложенных схем: Ж. Эррард (1554-1610 гг.), А. де Вилль (Antoine De Ville) (1596-1656 гг.), Б.Ф. де Паган (Blaise Francois de Pagan) (1604-1665 гг.) и С.П. де Вобан (Sébastien Le Prestre de Vauban) (1643-1707 гг.). Если, при строительстве Петропавловской крепости г. Санкт-Петербург, четко прослеживается вторая схема де Вобана, то Адмиралтейская крепость, возводимая в тот же период, имела уникальную идентичность, авторство которой предположительно принадлежит обер-коменданту Петербурга Р.В. Брюсу и коменданту Олонецкой верфи И.Я. Яковлеву.



Рис. 4. Руинированный фрагмент фундамента
деревоземляного бастиона Петропавловской крепости (строительство 1703 г.)
(иллюстрация авторов)

Рассматривая аналоги того времени, руинированные на данный момент (рис. 4), и воспользовавшись методологией, предложенной Надыровой Х.Г. [16], можно предположить конструктивное решение крепости. В ходе проведения противоаварийных мероприятий на объекте «Меншиков бастион Петропавловской крепости» были вскрыты фрагменты окаменевшей глины, имеющей отпечатки фашинных прутьев.

Сухопутная часть Адмиралтейской крепости, представленная на карте 1705 г., вероятнее всего, муровано-земляная крепость бастионного типа с пятью бастионами (рис. 3 поз. 1-5), контуры которой представляют собой земляные валы, укрепленные фашиной или бревнами. Адмиралтейская крепость окружала, нехарактерный для крепостей того периода, прямоугольный внутренний двор (рис. 3 поз. 9), где постройки судостроительной направленности еще не нанесены, действительно первые корабли начинают сход со стапелей лишь к середине 1706 г., а до этого сумели отразить троекратные набеги Шведских войск.

Центральный бастион (рис. 3, поз. 1) был устроен в виде люнета с двумя фасадами и фланками, к которым примыкали куртины (рис. 3, поз. 12), объединяющие центральный бастион с юго-восточным (рис. 3, поз. 2) и юго-западным (рис. 3, поз. 3).

Историки и краеведы, трактуя фразу об окончании возведения изначального Адмиралтейства, ошибочно считают, что 1 октября 1705 года над башней с въездными воротами установили шпиль – второй в Петербурге, после шпиля Петропавловского собора: «При С.-Петербурге на Адмиралтейском дворе милостию Божией всё хранимо и кроме двора крепость строением совсем совершилась и ворота подъёмные и шпиц, и по бастионам по всем пушки поставлены и рогатками обнесены» [10].

Виной этому заблуждению послужила двойная трактовка в русском переводе немецкого слова «*Spitz*», несмотря на достаточно однозначную трактовку в немецком языке. Применительно к фортификационным сооружениям используется перевод слова «*Spitz*» – «вершина», «заостренный» или «исходящий» угол бастиона, а вовсе не «шпиль», что применительно для зданий или колоколен, где перевод либо «*turmspitze*», либо «*ankerspill*».

Рассматривая, этимологию слова «*шпиц*» в русском языке мы приходим к тому, что этот лирический образ появляется в поэзии 18 века, но в строгом сочетании с дополнением – «шпиц колоколен» (*turmspitze*), например, в творчестве Ф. Глинки:

Я слышал музыку миров!..
Луна янтарная сияла
Над тучным бархатом лугов;
Качаясь, роца засыпала.....
Прозрачный, розовый букет
(То поздний заревой отсвет)
Расцвел на *шпице* колокольни,
Немел журчащий говор дольний...
Но там, за далью облаков,
Где ходят флотами светилы,
И высь крестят незримо силы,–
Играла музыка миров.....
1830

Последнее заблуждение лавинообразно отразилось на многом, что касается комплекса зданий Главного Адмиралтейства в г. Санкт-Петербург.

Еще одним подтверждением отсутствия на 1705 г. шпиля в пределах Адмиралтейского двора, а, следовательно, и центральной башни, является то, что на исторических картах [11] находили место гравюры наиболее значимых объектов, а менее значимые были нанесены условно в зоне возведения, чего не наблюдается на архивных картах Адмиралтейской крепости вплоть до 1736 г.

Башня со шпилем не находит места на исторических картах 1716 г. (рис. 5, область 1), а в пределах Адмиралтейского двора видны постройки, которые вероятнее всего и есть указанные как «...кузницы обе каменные в 1/2 кирпича...» [4]. В пределах же исторической

зоны застройки Петропавловской крепости колокольня со шпилем нанесена (рис. 5, область 2). На исторических картах 1716-1727 гг. (рис. 6-8) видно, что въезд осуществляется не через башню со шпилем, коей еще нет, и не через центральный бастион, а через юго-восточную куртину, где и были установлены «...ворота подъемные...» [10].

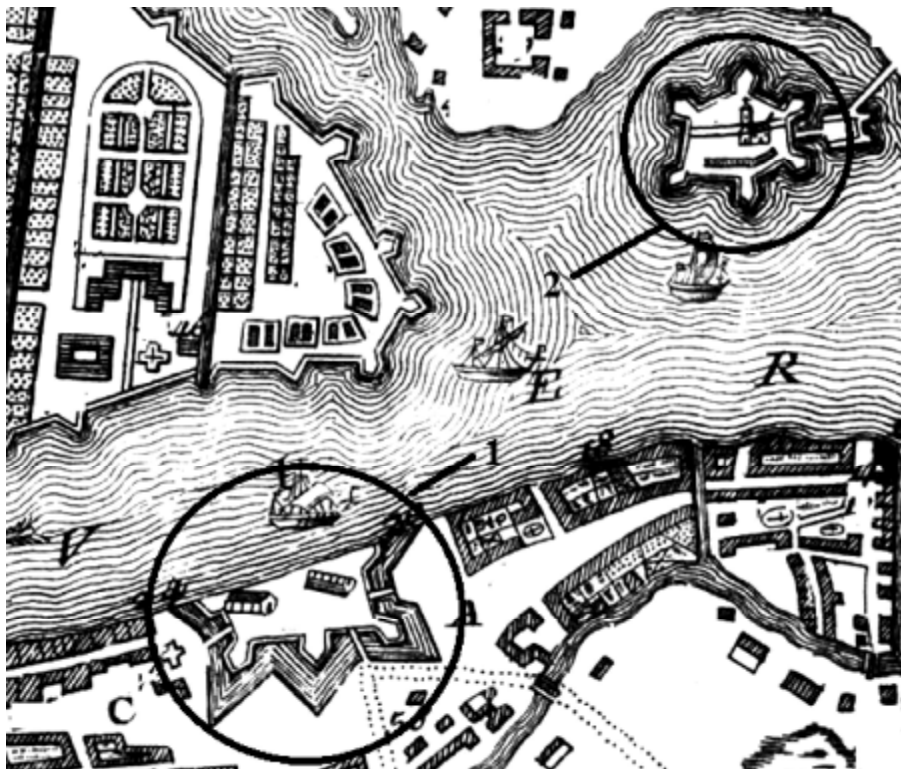


Рис. 5. Фрагмент исторической карты г. Санкт-Петербург 1716 г.:

1. зона исторической застройки территории Адмиралтейства;
2. зона исторической застройки территории Петропавловской крепости [11]

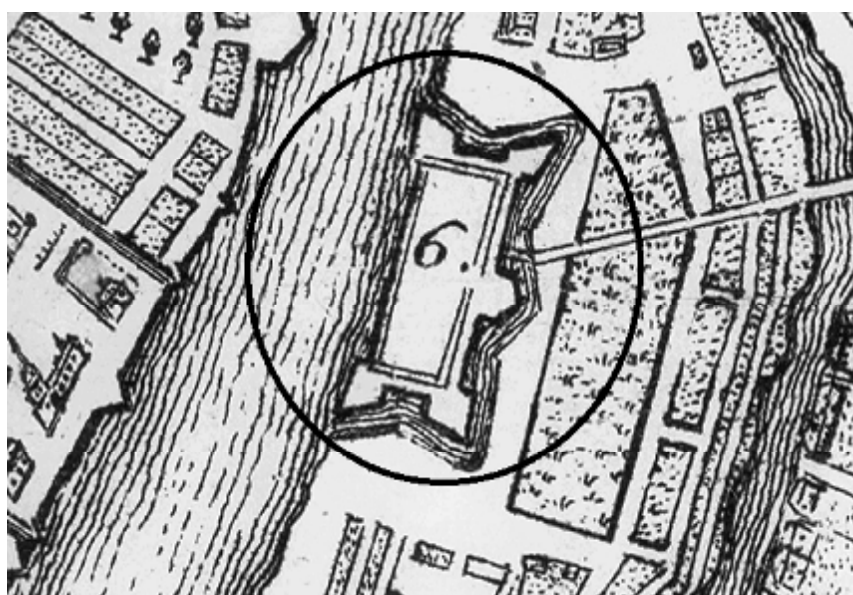


Рис. 6. Фрагмент исторической карты г. Санкт-Петербург 1717 г. [11]

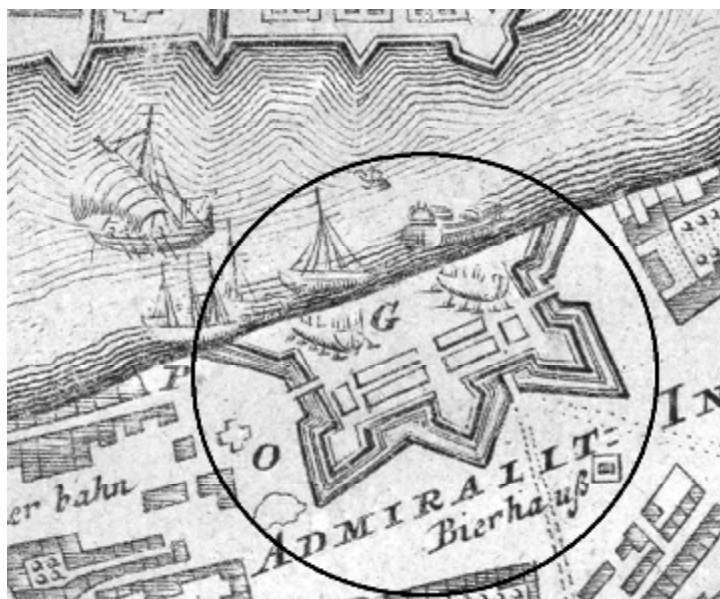


Рис. 7. Фрагмент исторической карты г. Санкт-Петербург 1720 г. [11]

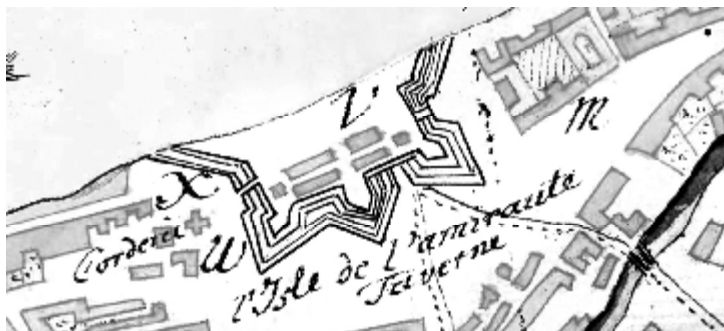


Рис. 8. Фрагмент исторической карты г. Санкт-Петербург 1727 г. [11]

Исторически сложившаяся застройка территории и комплекса зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург впервые отмечена на исторической карте 1727 г., где имеются постройки, совпадающие топографическим положением с существующими ныне корпусами 1, 2, 6 и 8. Центральная башня и шпиль над ней, располагающиеся между корпусами 1 и 2 на плане 1727 г., не нанесены.

Заключение

Наименее изученным периодом застройки комплекса зданий Главного адмиралтейства г. Санкт-Петербург является период с момента основания и до 1730-х гг. В настоящей работе на основании инженерно-технических и историко-культурных исследований авторами раскрыты этапы возведения изначального строения Адмиралтейской крепости и ее бастионов, а также этапы застройки территории крепости и, связанной с ней, градостроительной ситуации.

Список библиографических ссылок

1. Сорокин П. Е. Археологические исследования в Санкт-Петербурге // КЛИО. 2015. № 7. С. 126–133.
2. Богданович М. И. Военный энциклопедический лексикон. СПб. : Типография штаба военно-учебных заведений, 1858. 726 с.
3. Шварц Ц. И. Карта территории Санкт-Петербурга. 1698. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (дата обращения: 26.10.2018).
4. Сашонко В. Н. Адмиралтейство. Л. : Лениздат, 1982. 126 с.

5. Малиновский К. В. Санкт-Петербург XVIII века. СПб. : Крига, 2014. 576 с.
6. План Санкт-Петербурга 1705 г. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (дата обращения: 26.10.2018).
7. Супранович В. М., Аксютин П. А., Фролова Е. С. Преобразование территории адмиралтейского района, в границах Старо-Петергофского, Нарвского проспектов, Бумажной улицы и Набережной обводного канала : сб. ст. межрегиональной научно-практической конференции в рамках VII Межрегионального творческого форума «Архитектурные сезоны в СПбГАСУ» / СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2017. С. 42–43.
8. Отчет о проведении инженерно-геологических изысканий на объекте «комплекс зданий Главного Адмиралтейства г. Санкт-Петербург» // ООО «Геооснова». СПб., 2014.
9. Веремеев Ю. Г. Крепости бастионного типа XVI-XIX веков. Анатомия армии. <http://army.armor.kiev.ua> (дата обращения: 26.10.2018).
10. Бузинов В. М. Дворцовая площадь: неформальный путеводитель. М. : Центрполиграф, 2016. 301 с.
11. Plan de la nouvelle ville de Petersbourg. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (дата обращения: 26.10.2018).
12. Николаева М. В. Санкт-Петербург Петра I. История дворовладений – застройка и застройщики. М. : Прогресс-Традиция, 2014. 107 с.
13. Семенцов С. В., Мангушев Р. А. Архитектура и инженерия ансамблей Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 3 (32). С. 61–67.
14. Станюкович-Денисова Е.Ю. Архитектура домов 1720-1740-х годов на набережных каналов адмиралтейской части: к вопросу о градостроительных принципах Петербурга : сб. ст. исторического факультета Санкт-Петербургского университета – международной конференции / СПбГУ. Санкт-Петербург, 2014. С. 120–135.
15. Ulitsky V. M., Shashkin A. G., Shashkin K. G., Lisyuk M. B. Preservation and reconstruction of historic monuments in Saint Petersburg with provisions for soil-structure interaction : dig. of art. 2nd International symposium on geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites / Napoli, 2013. P. 735–742.
16. Надырова Х. Г. Современный подход к преподаванию историко-архитектурных дисциплин // Дизайн-ревью. 2014. № 1. С. 68–73.

Popov Anton Olegovich

candidate of technical sciences

E-mail: a.o.popov@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Matveev Igor Iurevich

director

E-mail: matigur@mail.ru**LTD ZTS «EkspertProektStroy»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Butlerova st., 54a

**Town-planning development of territory of a complex of buildings of the Main Admiralty,
Saint Petersburg in the period from 1703 to 1730****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the main stages of development of the territory of the complex of buildings of the Admiralty of St. Petersburg in the period from 1703 to 1730. This period of development of the territory and the urban situation is the least studied.

Results. The main results of the study are to obtain data on the urban situation and the development of the territory of the complex of buildings of the Admiralty in the period from 1703 to 1730.

Conclusions. The significance of the results is that on the basis of historical, cultural and engineering studies conducted by the authors obtained previously unknown data on the unique period of construction of St. Petersburg.

Keywords: historical and cultural monuments, engineering restoration, reconstruction, structural solutions.

References

1. Sorokin P. E. Archaeological research in St. Petersburg // CLIO. 2015. № 7. P. 126–133.
2. Bogdanovich M. I. Military encyclopedic lexicon. SPb. : Printing office of the headquarters of military schools, 1858. 726 p.
3. Schwartz Ts. I. Map of the territory of St. Petersburg 1698. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (reference date: 26.10.2018).
4. Sashonko V. N. The Admiralty. L. : Lenizdat, 1982. 126 p.
5. Malinovskiy K. V. Saint-Petersburg of the XVIII century. Saint Petersburg : Kriga, 2014. 576 p.
6. The plan of Saint-Petersburg of 1705. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (reference date: 26.10.2018).
7. Supranovich V. M., Aksyutina P. A., Frolova E. S. The transformation of the territory of the Admiralty district, within the boundaries of the Old-Peterhof, Narva brochures, Paper street and obvodny canal Embankment : collection of articles of the interregional scientific-practical conference in the framework of the VII international art forum «Architectural seasons in SPSUACE» / Spbgasu. SPb., 2017. P. 42–43.
8. Report for engineering-geological surveys on the object «complex of buildings of the Main Admiralty Saint-Petersburg» // LLC «Geoosnova». SPb., 2014.
9. The Bastion-type Fortresses of the XVI-XIX centuries. Anatomy of army. <http://army.armor.kiev.ua> (reference date: 26.10.2018).
10. Buzinov V. M. Palace square : an informal guide. M. : Tsentrpoligraf, 2016. 301 p.
11. Plan de la nouvelle ville de Petersbourg. URL: <http://www.etomesto.ru/peterburg> (reference date: 26.10.2018).
12. Nikolaev M. V. Saint-Petersburg of Peter I the History of yard ownership – building and developers. M. : Progress-Tradition, 2014. 107 p.
13. Sementsov S. V., Mangushev R. A. Architecture and engineering of ensembles of St. Petersburg // Vestnik grazhdanskih ingenerov. 2012. № 3 (32). P. 61–67.
14. Stanyukovich-Denisova E. Y. Architecture of the houses 1720-1740 years on the embankments of the channels of the Admiralty part: to the question of town-planning principles of St. Petersburg : collection of articles of historical faculty of St. Petersburg University – international conference / St. Petersburg State University. SPb., 2014. P. 120–135.
15. Ulitsky V. M., Shashkin A. G., Shashkin K. G., Lisyuk M. B. Preservation and reconstruction of historic monuments in Saint Petersburg with provisions for soil-structure interaction : collection of articles of the 2nd international symposium on geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites / Napoli, 2013. P. 735–742.
16. Nadyrova Kh. G. A Modern approach to the teaching of historical and architectural subjects // Desain Revu. 2014. № 1. P. 68–73.

УДК 726.5.03 (470.44)

Серебряная Валентина Васильевна

кандидат исторических наук, профессор

E-mail: val38@mail.ru

Волгоградский государственный технический университет

Адрес организации: 400074, Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, д. 1

Православные храмы классицизма первой половины XIX в. в Нижнем Поволжье (на примере Саратовской губернии)

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить в архитектурном наследии Нижнего Поволжья православные храмы классицизма первой половины XIX в. в Саратовской губернии, не получившие достаточного освещения и оценки.

Результаты. Исследования состоят в том, что рассмотрено формирование храмов на территории Саратовской, Волгоградской областей, входивших в Саратовскую губернию, в которых наиболее полно отразился этот стиль, проанализированы не только сохранившиеся храмы, но и утраченные. Впервые в научный оборот вводятся документы из архивов РГИА, ГАСО, ГАВО. Используются письменные источники и материалы натурных обследований.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в получении новых знаний в области культовой архитектуры русской провинции, в выявлении её регионального своеобразия, а также в возможности использовать их при разработке проектов по реставрации и возведению новых храмов.

Ключевые слова: Саратовская губерния, Нижнее Поволжье, архитектура, классицизм, православные храмы.

Введение

В первой половине XIX в. в строительстве каменных храмов Саратовской губернии, как и во всей российской провинции, были восприняты и усвоены классические формы и архитектурные приёмы. Церкви высокого художественного качества появляются в стиле классицизма в застройке Саратова, в уездных городах губернии. Наряду с ними, как правило, в сёлах, возводятся более скромные храмы, отмеченные печатью классицизма, с менее совершенными пропорциями и простым фасадным декором. Этот значительный пласт в архитектурном наследии региона, претерпевший в советский период огромные утраты, до сих пор не получил достаточного освещения и оценки.

Ставится цель – рассмотреть формирование классицизма в православном храмовом зодчестве русской провинции. Задача определить круг памятников первой половины XIX в. на территории Саратовской, Волгоградской областей, входивших в Саратовскую губернию, в которых наиболее полно отразился этот стиль.

Актуальность исследования заключается в изучении архитектуры русской провинции, в необходимости осмысления его регионального своеобразия, а также в разработке проектов по реставрации, реконструкции и возведению новых храмов. Впервые на обширном архивном материале проводится подробный типологический анализ храмов классицизма указанного региона, определены их объёмно-планировочные и композиционные особенности. Впервые в научный оборот введены новые материалы из РГИА, государственного архива Саратовской области (ГАСО), государственного архива Волгоградской области (ГАВО), архива Хвалынского и Еланского краеведческих музеев (ХКМ, ЕКМ), позволяющие выявить региональные особенности, представить своеобразие не только провинциального храмового строительства, но и в целом истории русской архитектуры. Работа базируется так же на письменных источниках, на натурных обследованиях, обмерах, фотофиксации, выполненных автором. Анализ проводится на наиболее интересных и значительных памятниках классицизма в Саратовской губернии. Анализируются не только сохранившиеся храмы, но и утраченные.

Для раскрытия обозначенной темы необходимо было обращение к изучению искусствоведческой литературы, связанной с архитектурой классицизма первой половины XIX в. В отечественной науке интерес к эпохе классицизма появился с середины XIX в. Издаются основательные исследования Горностаева Ф.Ф., Грабаря И.Э. [1, 2]. И сегодня эти труды для исследователя актуальны и представляют исключительный интерес.

В советское время публикуются серьезные научные труды, посвященные архитектуре русского классицизма. В этих исследованиях значительное место отводится церковному строительству. Начинают систематически публиковаться новые исследования архитектуры русского классицизма. Появляются монографии о крупнейших архитекторах русского классицизма, таких как Дж. Кваренги, В. Стасов, в которых значительное внимание уделено проектам церковной архитектуры, выполненных этими зодчими [3-5].

В последние годы появились работы с историко-теоретическим подходом к исследованию православных храмов периода классицизма. Это исследование Щенкова А.С., Шеко Е.Д., Щенковой О.П. [6]. Для изучения русской церковной архитектуры первой половины XIX в. большое значение имеет монография Путятина И.Е. [7]. Это фундаментальное исследование осуществлено на сопоставлении архитектурной теории и памятников церковного зодчества эпохи Просвещения. Русская храмовая архитектура классицизма рассматривается в мировом и историческом контексте. Русская архитектура эпохи классицизма в контексте развития западноевропейской архитектуры привлекала внимание и зарубежных исследователей [8-12].

Исторические сведения

К середине XIX в. классицизм в столицах почти себя исчерпал, а в Саратовской губернии классические тенденции только усиливаются. Здесь храмы строились по проектам столичных и губернских архитекторов, которые следовали столичным образцам. В Саратов для строительства храмов привлекались В.П. Стасов, Д. Кваренги, Л. Руска и талантливые местные архитекторы В.И. Суранов, Г.В. Петров. Многие церкви строились по планам и фасадам, составленным в 30-50-е гг. XIX в. петербургскими архитекторами И.И. Шарлеманем и А.А. Михайловым 2-м. Проявлению классицизма в храмах первой половины XIX в. в Саратовской губернии, способствовал так же тот факт, что здесь имелись столичные образцы храмов раннего классицизма в усадьбах второй половины XVIII в.: Голицыных-Прозоровских в с. Зубриловке и Куракиных в с. Надеждино (Борисоглебское-Куракино).

По проектам столичных архитекторов в Саратове был построен кафедральный собор Святого Александра Невского (утрачен). Первый проект в 1808 г. разработал губернский архитектор В.И. Суранов (рис. 1 а). Симметричный в плане пятиглавый храм выполнен по традиционной для классицизма объёмно-пространственной схеме: с большим центральным куполом на высоком цилиндрическом световом барабане, охваченном коринфскими полуколоннами, с четырьмя по углам купольными колокольнями, с одинаковыми дорическими четырехколонными портиками на каждом фасаде. Однако в Петербурге проект был отклонён. Новый проект разработал Л. Руска. Но и его проект тоже не был одобрен.

Православные храмы Нижнего Поволжья первой половины XIX века

Вновь к разработке проекта собора Святого Александра Невского приступил в 1814 г. Д. Кваренги, который выполнил два варианта (рис. 1б). Проект храма Д. Кваренги, предстаёт в образе римского пантеона. Это должна была быть монументальная ротонда с глубоким портиком. Первый вариант – это храм с восьмиколонным коринфским портиком. Второй вариант менее строгий. Во втором варианте вместо восьмиколонного коринфского портика Д. Кваренги делает глубокий шестиколонный дорический. Ротонду он охватил с одной стороны колоннадой с нишами, в которых предполагалось поставить статуи, погибших в Отечественной войне 1812 г. саратовских ополченцев (рис. 2а). Этот проект был признан дорогим и остался только на бумаге [4, с. 93].



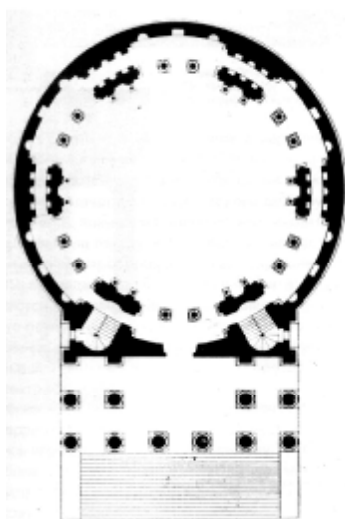
а)



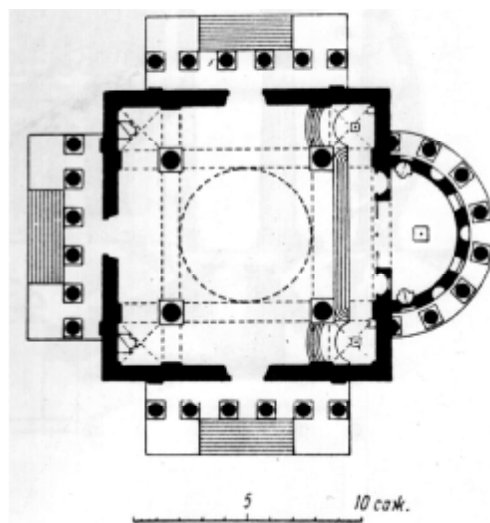
б)

Рис. 1. Проект собора Александра Невского:
а) 1808 г., Суранов В.И. СМК; б) 1814 г., Д. Кваренги [4, с. 93]

Одновременно с Д. Кваренги проект для Саратова разрабатывал и В.П. Стасов. Он перерабатывал проект В.И. Суранова. В отличие от Д. Кваренги В.П. Стасов делает более простой вариант, как отмечал сам архитектор, что сооружение «никакими излишествами не отягощено, кроме собственно самой цели» [5, с. 57]. В основу плана собора он кладёт греческий равноконечный крест [13] (рис. 2б). Кубический объём здания с полукруглой апсидой, со сдержанным классическим декором завершался пологим куполом. Строгость и торжественность собору придавали шестиколонные дорические портики и окружающая апсиду дорическая колоннада. Проект утвердили 26 августа 1814 г. Заложен он был 30 августа 1815 г., освящён только в 1826 г. [14]. Наблюдение за строительством вел В.И. Суранов. Полные, хорошо проработанные в крупном масштабе чертежи В.П. Стасова, дали возможность построить собор в соответствии с проектом (размер по оси запад-восток 23,5 м, высота 32 м). После смерти В.И. Суранова следить за строительством продолжал Г.В. Петров. В 1833 г. он составил проект колокольни (строительство с 1840 по 1842 гг.). Квадратная в плане трёхъярусная колокольня (высота вместе с крестом 57 м) отстояла от храма на 25,5 м. С четырёх сторон её окружали дорические портики. Стройность колокольни придавало нарастание высоты верхних четвериков, а также облегчение каждого последующего яруса за счёт ордера (во втором ярусе ионического, в третьем – коринфского).



а)



б)

Рис. 2. Проект собора Александра Невского. Планы 1814 г.:
а) Д. Кваренги [3, с. 93]; б) В. Стасов [5, с. 57; 13]

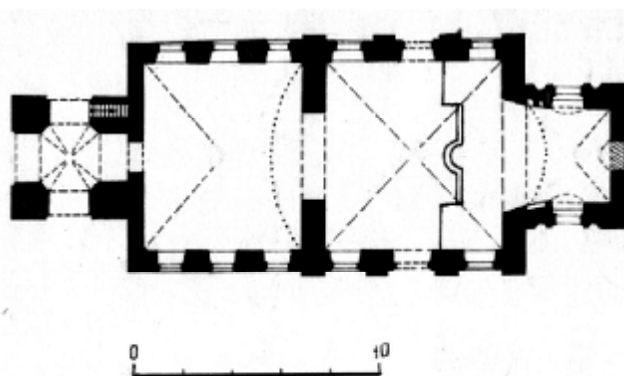
Кроме В.П. Стасова для работы над проектами саратовских храмов привлекался петербургский архитектор Л. Руска. Он выполнил планы, фасады, профили и составил смету для собора Спасо-Преображенского мужского монастыря в Саратове (1814-1826). Л. Руска разрабатывает проект пятиглавого четырёхстолпного квадратного в плане храма. В его основании лежит кубический объём с большим куполом на высоком световом центральном барабане, с поставленными по четырём углам купольными звонницами и прямоугольной апсидой. К южному и северному фасадам пристроены шестиколонные ионические портики. Западный вход выделен двухколонным так же ионическим портиком. Строительство велось под руководством В.И. Суранова

В уездных городах и сёлах губернии классицизм в храмовом зодчестве распространялся медленнее. Пожалуй, исключением являлся город Вольск. Троицкий собор в Вольске (1793-1806) – один из ранних памятников классицизма в Саратовской губернии [15, 16]. Собор выстроен «кораблём». Он завершается высоким барабаном с полусферическим куполом, который прорезан люкарнами, расположенными по оси крупных арочных окон барабана. Уже в этой ранней постройке широко применяется ордер. Храм со всех сторон окружен полуколоннами дорического ордера. Такими же полуколоннами декорирован барабан. Северный, южный и западный фасады храма отмечены четырёхколонными «пристенными» портиками, перекрытыми классическим фронтоном. Колокольня представляла собой несколько тяжеловесную трёхъярусную башню, декорированную полуколоннами и завершавшуюся низким куполом.

В первой четверти XIX в., отмеченные печатью классицизма появились храмы в небольших сёлах. К ним относится церковь Дмитрия Солунского (1818 г.) в селе Меловатке (Волгоградская обл.) [17] (рис. 3). Она является региональным примером бесстолпного купольного храма. Церковь по композиционному принципу «кораблём» отличается скромными размерами, особым уютом и камерностью. Её композицию составляют простые, несколько тяжеловатые геометрические объёмы. Бесстолпный храм, двусветный четверик которого завершён куполом эллипсообразной формы, на котором покоится маленький высокий барабанчик с главкой и шпилем на яблоке; прямоугольная апсида и квадратная в плане трапезная равная по ширине храму, соединена с трёхъярусной колокольней с высоким шпилем в завершении. Оба света храма заключены в глубокие арочные ниши. В убранстве экстерьера используются элементы классического декора (руст, сандрики, замковые камни, филёнки, сухарики, полуциркульные ниши).



а)



б)

Рис. 3. Церковь Дмитрия Солунского (1818 г.) в с. Меловатка: а) фото автора, 2015 г.; б) план [17]

Небольшие храмы с трехчастной композицией являются типичными образцами провинциального классицизма в Саратовской губернии. Зодчие варьировали эту композиционную тему. Это одноглавые храмы, где ядро – четверик в два или один свет, перекрытые сомкнутым сводом, с трёхосными трапеznыми и довольно тяжеловесными в

два или три яруса колокольнями. Разрабатывались здания церквей с полукруглыми и прямоугольными апсидами. Апсиды не имели какого-либо оформления.

Например, церковь Покрова Пресвятой Богородицы (1813) в с. Большой Мориц, церковь Трёх Святителей (1819) с. Ольховке (Волгоградская обл.). Редко можно встретить апсиду, оформленную полуколоннами или пилястрами. Входы на южном и на северном фасадах храмов выделялись четырехколонными портиками ионического ордера, а, в основном, тосканского ордера, разной глубины. Портиком мог быть подчеркнут только западный фасад. Декор этих храмов строг и лаконичен.

1820-1840 годы в Саратовской губернии – время интенсивного строительства зданий классицизма, в том числе и культовых. Церковь Сошествие Святого Духа (1813-1820) в Елани (Волгоградская обл.) – лучший памятник провинциального классицизма в регионе [18-20] (рис. 4-5). Пространственно-планировочная и объёмная композиция, трактовка ордера церкви указывают на работу талантливого зодчего, возможно, круга В.П. Стасова. По своим размерам сельский храм не уступает городским соборам (42,2×21,3 м). По типу он принадлежит к бесстолпным однокупольным храмам с традиционной композицией «кораблём», сильно вытянутой по оси запад-восток.

Крупный основной объём храма близкий к ротонде, в плане квадрат, углы которого закруглены и прорезаны окнами двойного света. В композиции ядро храма выделено полусферическим куполом с четырьмя полукруглыми люкарнами на высоком в два света барабане. Над куполом возвышается цилиндрический, так же в два света фонарик, над которым на фигурном постаменте покоятся два уменьшающихся яблока с крестом. С востока к храму примыкает сильно вытянутый с севера на юг прямоугольный выступ апсиды, а с запада в объёмную композицию органично входит удлинённая в пять осей трапезная. С трапезной соединена высокая из трёх ярусов колокольня.

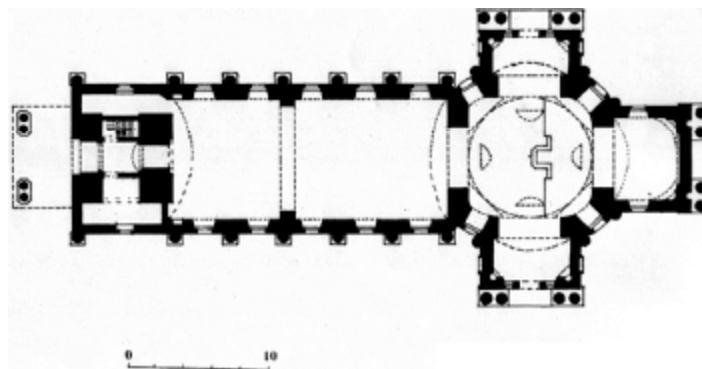


Рис. 4. Церковь Сошествие Святого Духа (1813-1820) в Елани. План [20]



а)



б)

Рис. 5. Церковь Сошествие Святого Духа в Елани: а) фото нач. XX в., ЕКМ; б) фото автора, 2004 г.

Оформление фасадов чисто классическое. Главную роль в декоре играют ионические колонны портиков. Ионическими полуколоннами ритмично членятся стены трапезной. Более усложнённый рисунок ионических капителей (капители с подвесками) на барабане, фонарике и верхних ярусах колокольни. Остальные элементы декора так же выполнены в классицизме (ленточный руст, замковые камни, розетки в круглых медальонах, дентикулы).

Значительную роль в широком распространении классицизма в храмовом строительстве Саратовской губернии сыграла деятельность губернского архитектора Г.В. Петрова. Он в 1826 г. выполнил проект для Крестовоздвиженской церкви в г. Хвалынске. Окончание строительства – 1849 г. [21] (рис. 6). Храм одноглавый, с традиционной трёхчастной композицией, с трёх сторон фасады обогащены четырёхколонными дорическими портиками с пологими фронтонами. Почти отсутствует декор.



Рис. 6. Церковь Крестовоздвиженская, 1849 г., г. Хвалынский. Арх. Петров Г.В.
Фото нач. XX в., ХКМ

Г.В. Петров сохраняет традиционную схему «корабль» и в Скорбященской церкви в Царицыне (Волгоград). Проект – 1834 г., постройка – 1837 г. [22] (рис. 7). Объём храма состоял из кубического ядра, завершённого пятиглавием с крупным барабаном и контрастными ему глухими маленькими боковыми барабанами. С южной и северной сторон храма располагались шестиколонные портики упрощённого дорического ордера с треугольными фронтонами. Алтарь размещался в полуротонде. К основному объёму примыкает обширная бесстолпная трапезная в пять осей. Высокая лёгкая колокольня выполнена в три яруса. Разобран в 30-гг. XX в.

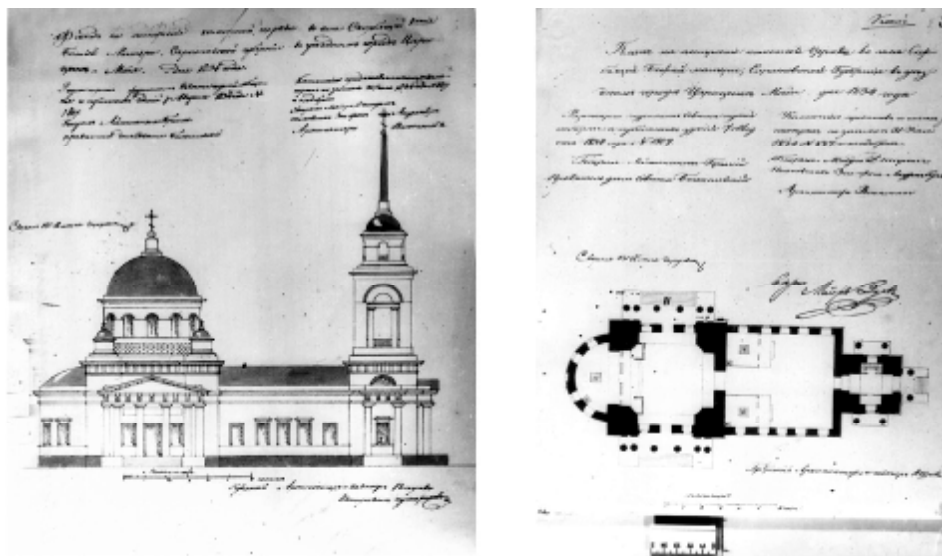


Рис. 7. Скорбященская церковь в Царицыне. Проектные чертежи. 1834 г. Арх. Г.В. Петров [22]

В 20-е гг. XIX в. в Саратовской губернии продолжают строиться храмы «кораблём» с довольно архаичными формами. Широкий «восьмерик на четверике» был распространённым типом храма в Саратовской губернии на протяжении долгого времени. Так, в кладбищенской церкви Николая Чудотворца (1821-1825) в Камышине сохраняются черты более ранних построек. В основании лежит восьмерик с пологим гранёным куполом, в гранях сделаны крупные люнетты. В наличниках арочных окон у трапезной объединились барочные и классические элементы: «уши» и замки. Сближают архитектуру Никольской церкви с памятниками классицизма 20-40-х гг. XIX в. четырёхколонные дорические портики, умеренный декор (полочки на кронштейнах крупных прямоугольных окон на основном объёме храма и полукруглой апсиде). В 2012 г. при реставрации был искажен первоначальный облик.

Постепенно в храмах с трёхчастной структурой восьмерик начинает вытесняться ротондальным завершением. Подобного типа храмы появляются не только в имениях знатных дворян, но и в небольших селах, земли которых находились в их владении (Голицыных, Куракиных, Нарышкиных).

Преобладание ротонды как тип завершения храма в Саратовской губернии часто встречается с 20-х гг. XIX в. в сёлах, чем в городах. Их анализ показал, что, как правило, трапезные шире ядра или четверика. К тому же в трапезных уменьшается количество оконных осей. Отсутствуют гранёные апсиды. Храм венчает массивная ротонда с полусферой купола. Ротонду прорезают палладианские полуциркульные окна. Главный элемент убранства фасадов – портики с четырьмя ионическими колоннами с треугольными фронтонами, карнизы которых украшены крупными модульонами. Подобную композицию имеет церковь Рождества Христова (1838) в селе Нижняя Добринка (Волгоградская обл.) [23] (рис. 8). По своей архитектуре она близко стоит к проектам И.И. Шарлеманя.

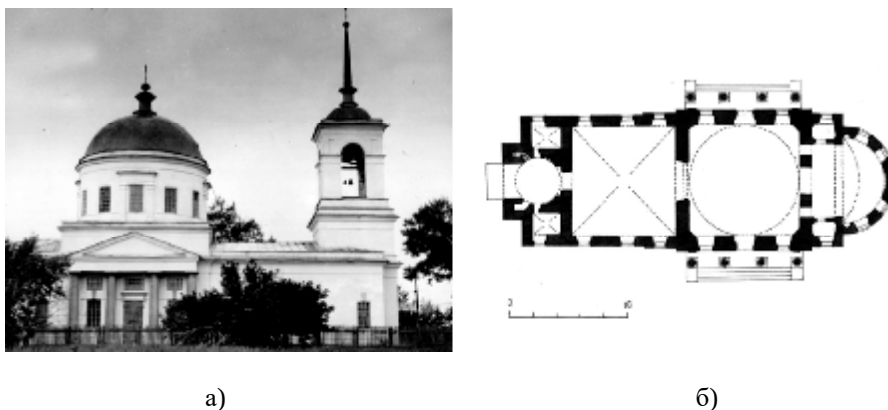


Рис. 8. Церковь Рождества Христова. 1838. Село Нижняя Добринка:
а) фото автора, 2015 г.; б) план, РГИА

В 1820-1830-е годы во многих поселениях Саратовской губернии строятся пятиглавые храмы с квадратным и крестообразным планом, с одинаковыми портиками на каждом из четырёх фасадов, лишь изредка с востока вместо портика располагалась полуциркульная апсида. Композицию этого типа имеют церкви: Знаменская (1827 г.) в с. Черкасском и Троицкая в с. Золотом (1834) (рис. 9а, б). Обе церкви в Саратовской области. Художественные образы этих храмов позднего классицизма с торжественно строгими монументальными архитектурными формами, несомненно, формировались под воздействием столичных образцов.

Знаменская церковь в с. Черкасском в плане имеет крестообразную форму. Троицкая – с квадрантным симметричным планом. Принципиальная разница в объёмной композиции состоит в форме башен – звонниц. У Знаменской церкви они массивные круглые, у Троицкой – четырёхгранные вытянутые вверх. Убранство фасадов Троицкой церкви весьма сдержано. Фасадный декор Знаменского храма наряднее.



а)



б)

Рис. 9. а) Церковь Знаменская 1827 г. Село Черкасское, фото начала XX в., СОМК;
б) Троицкая церковь 1834 г. Село. Золотое, фото автора, 2010 г.

Сопоставляя их, видим, что между ними много общего. Это крестово-купольные четырёхстолпные и пятиглавые храмы соборного типа. Их мощный четверик с 4-мя тосканскими портиками с треугольными фронтонами увенчан крупным световым барабаном – ротондой с большой главой. Пятиглавие храмам придают четыре башни – купольные звонницы, поставленные по углам кубического объёма. В тоже время – это два варианта на одну заданную тему.

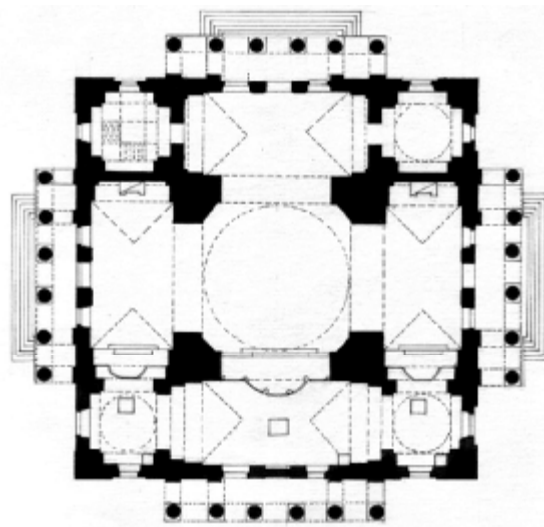
Храмы, рассматриваемого выше типа, строились в Саратовской губернии довольно часто. Ротондальные же храмы здесь почти не получили распространения.

Завершая обзор храмов классицизма в Саратовской губернии, надо отметить, что происходивший в 30-е гг. XIX в. спад стилистического единства классицизма в русской архитектуре, не сказался на провинции. Интерес к классицизму в уездных городах сохранялся еще в 30-50-е гг. XIX в., даже когда начинает входить в силу русско-византийский стиль.

В 1851 г. (рассмотрен в 1855 г.) был представлен проект собора на Базарной площади в г. Камышине. В архиве обнаружены тщательно проработанные чертежи проекта этого собора [24-25] (рис. 10).



а)



б)

Рис. 10. Церковь Вознесения в Камышине. Проектные чертежи 1853 г. [24]

Здание квадратное в плане, относится к типу пятикупольных, четырёхстолпных без выделения алтарной части храмов с высоким световым барабаном и колокольнями с малыми куполами на углах, с четырьмя шестиколонными коринфскими портиками. Барабан как снаружи, так и изнутри охвачен полуколоннами коринфского ордера. Проект не был осуществлён.

Заключение

Исследование возведения местных православных храмов первой половины XIX в. в стиле классицизм позволило проследить их формирование, отметить, что, несмотря на строгую регламентацию и централизацию архитектурно-строительного дела, которая проходила с утверждением классицизма в России, вырабатывались типы храмов с учётом требований, вкусов и финансовых возможностей того или иного поселения. В строительной эволюции храмов обнаруживается, что многие из них, построенные в эпоху позднего классицизма, сохраняют черты, соответствующие традициям архитектуры конца XVIII-начала XIX вв.

Список библиографических ссылок

1. Горностаев Ф. Ф. Дворцы и церкви Юга. Культурные сокровища России. М. : Образование, 1914. 158 с.
2. Грабарь И. Э. Ранний Александровский классицизм и его французские источники // Старые годы. 1912. № 3. С. 68–96.
3. Piljavski V. I. L'attività artistica di Giacomo Quarenghi in Russia. Bergamo, 1967. 420 p.
4. Пилявский В. В. Джакомо Кваренги. Л. : Стройиздат, 1981. 212 с
5. Пилявский В. И. Зодчий Василий Петрович Стасов. (1769-1848). Л. : Стройиздат, 1970. 57 с.
6. Щенков А. С., Шеко Е. Д., Щенкова О. П. Об идее храма в архитектуре русского классицизма // Искусство христианского мира. 2000. № 4. С. 82–91.
7. Путятин И. Е. Образ русского храма и эпоха Просвещения. М. : Гнозис, 2009. 416 с.
8. Bergdoll, Barry. European architecture 1750-1890. Oxford : Oxford Univ., 2000. 330 p.
9. Brumfield W. C. A History of Russian Architecture. London: University of Washington Press, 2004. 644 p.
10. Iljin Giacomo Quarenghi. Bollettino del Centro Internazionale di Studi d'Architettura Andrea Palladio. London: University of Washington Press, 1963. 250 p.
11. Integration of European Classical Architecture, 2012. 420 p.
12. Owen Hopkin. Architectural Styles. London: Laurence King, 2014. 240 p.
13. Саратовский кафедральный собор. Альбом. Архитектор Стасов, 1814 г., 1911-1912 // РГИА. Ф. 835. Оп. 1. Д. 862, 863.
14. О строительстве Александровского собора в Саратове, 1808-1826 гг. // РГИА. Ф. 1285. Оп. 8. Д. 216.
15. О строительстве храма в г. Вольске // ГАСО. Ф. ОДФ-1. Д. 165. Л. 12.
16. Серебряная В. В. Культовое зодчество Волгоградской области. Волгоград, 2002. 336 с.
17. Церковь Дмитрия Солунского в с. Меловатка // РГИА. Ф. 796. Оп. 91. Ед. хр. 886. 1810.
18. Выписка из постановления ВЦК и крайисполкома о закрытии церквей – Духосошественской в Елане, Вознесения в Камышине, 1932 г. // ГАВО, Ф. 313. Оп. 1. Д. 1870. Л. 57.
19. Клировые ведомости церкви Духосошественской церкви слободы Елани Аткарского уезда, 1820 г. // ГАСО, Ф. 135. Оп. 1. Ед. хр. 33, 125, 331.
20. О постройке Духосошественской церкви в слободы Елани Аткарского уезда Саратовской губернии // ГАСО, Ф. 135. Оп. 4. Д. 5041. Л. 1.
21. О постройке Крестовоздвиженской церкви в г. Хвалынске Саратовской губернии // ГАСО, Ф. 135. Оп. 4. Д. 6043. Л. 1.

22. Проект церкви Скорбященской Богоматери в городе Царицыне, 1834 г. // РГИА. Ф. 1488. Оп. 3. Д. 1085.
23. Саратовские епархиальные ведомости. Приложение к № 6. Саратов, 1896. С. 243, 273.
24. О постройке Вознесенской церкви на торговой площади в Камышине, 1853 г. // РГИА, Ф. 797. Оп. 23. Д. 57.
25. Об утверждении проекта плана расширения Вознесенского собора в городе Камышине // ГАСО, Ф. 656. Оп. 1. Д. 988.

Serebryanaya Valentina Vasilevna

candidat of architecture, professor

E-mail: val38@mail.ru

Volgograd State Technical University

The organization address: 400074, Russia, Volgograd, Academicheskaya st., 1

The Orthodox temples in classicism style in the Nyzhneye Povolzhye of the first half of the 19th century (by example of the Saratov region)

Abstract

Problem statement. The article analyses a significant stratum in the architectural heritage of the Nyzhneye Povolzhye – the Orthodox temples in classicism style of the first half of the 19th century in the Saratov region which have not got so far enough coverage and estimation. It has considered the formation of temples on the territory of Saratov and Volgograd regions which were parts of the Saratov province where this style has manifested itself more fully.

Results. The importance of this research consists in the careful study of religious architecture in the Russian province and necessity of comprehending its regional peculiarity. It is also connected with the development of projects concerning restoration and building of new temples.

Conclusions. Not only are extant churches for architectural, but also lost ones being analyzed here. For the first time certain documents from the RGIA, GASO, and GAVO archives are put into use. Some written resources and materials of investigation on location have been also made use of.

Keywords: Saratov gubernia, Nyzhneye Povolzhye, architecture, classicism, orthodox churches.

References

1. Gornostayev F. F. Palaces and churches of the South. Cultural treasures of Russia. M. : Education, 1914. 158 p.
2. Grabar I. E. Early Alexander Classicism and its French sources // Old Years, 1912. № 3. P. 68–96.
3. Piljavski V. I. L'attivit a artistica di Giacomo Quarenghi in Russia. Bergamo, 1967. 420 p.
4. Piliavsky V. I. Giacomo Quarenghi. L. : Stroyizdat, 1981. 93 p.
5. Piliavsky V. I. The architect Vasily Petrovich Stasov 1769-1848. L. : Stroyizdat, 1970. 57 p.
6. Shchenkov A. S., Sheko E. D., Shchenkova O. P. On the idea of a temple in the architecture of Russian classicism // Iskusstvo Khristianskogo Mira. 2000. № 4. P. 82–91.
7. Putyatin I. E. The Image of the Russian Church and the age of Enlightenment. M. : Gnosis, 2009. 416 p.
8. Bergdoll, Barry. European architecture 1750-1890. Oxford : Oxford Univ., 2000. 330 p.
9. Brumfield W. C. A History of Russian Architecture. London : University of Washington Press, 2004. 644 p.
10. Ilijn Giacomo Quarenghi. Bollettino del Centro Internazionale di Studi d'Architettura Andrea Palladio. London: University of Washington Press, 1963. 250 p.
11. Integration of European Classical Architecture, 2012. 420 p.

12. Owen Hopkin. Architectural Styles. London: Laurence King, 2014. 240 p.
13. Saratov Cathedral. Album. Architect Stasov, 1814, 1911-1912 // RGIA, F. 835. Op. 1. D. 862.
14. On the construction of the Alexander Cathedral in Saratov, 1808-1826. // RGIA, F. 1225. Op. 8. D. 216.
15. On the construction of the Cathedral in Volsk // GASO, F. ODF-1. D. 165, L. 12.
16. Serebryanaya V. V. Religious architecture of the Volgograd region. Volgograd, 2002. 336 p.
17. Church of Dmitry Solunsky in the Melovatka village // RGIA. F. 796. Op. 91. Ed. 886. 1810.
18. Extract from the decree of the All-Union Central Committee and executive committee on the closure of the Dukhoshoshestvenskaya church in Elan, Ascension in Kamyshin, 1932. // GAVO, F. 313. Op. 1. D. 1870. L. 57.
19. Clearing statements of the Church of the Dukhoshoshestvenskaya church in the settlement of Elani, Atkarsk district, 1820 // GASO, F. 135. Op. 1. D. 33, 125, 331.
20. About the construction of the Dukhoshoshestvenskaya church in the settlement of Elani, Atkarsk district, Saratov province. // GASO. F. 135. Op. 4. D. 5041. L. 1.
21. On the construction of the Holy cross Church in the city of Khvalynsk, Saratov province. // GASO, F. 135. Op. 4. D. 6043. L. 1.
22. The project of the Church of Our Lady of Sorrow in Tsaritsyn, 1834 // RGIA, F. 1488. Op. 3. D. 1085.
23. The Saratov eparchial news. Annex to № 6. Saratov, 1896. P. 243, 273.
24. On the construction of the Ascension Church on the trade area in Kamyshin, 1853 // RGIA, F. 797. Op. 23. D. 57.
25. On approval of the draft plan for the expansion of the Ascension Cathedral in the city of Kamyshin // GASO. F. 656. Op. 1. D. 988.

УДК 727

Фазлеев Марат Шигабатдинович

доцент, кандидат архитектуры

E-mail: fastin@mail.ru**Минибаева Альфия Рашитовна**

аспирант

E-mail: minibaeva-alfiya@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Мустафина Гульнара Хамитовна

директор

E-mail: 2769482@mail.ru**ООО СК «Атриум»**

Адрес организации: 420081, Россия, г. Казань, пр-т Камалеева, д. 28/9

Создание архитектурно-культурного комплекса усадьбы православных татар на территории острова-града Свияжск

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является выявление архитектурных особенностей по созданию усадьбы православных татар на территории острова-града Свияжск. В статье проводится обзор архитектуры традиционного жилища и быта православных татар, а также представлена версия размещения данной усадьбы в исторической застройке острова-града.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в сопоставлении объемно-планировочных особенностей усадеб православных татар с другими группами татар и уместности расположения такого типа усадьбы-музея на острове-граде Свияжск.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в обосновании внедрения новых функций на остров-град Свияжск, способствующих его туристическому развитию. По замыслу, авторов статьи, усадьба православного татарина ремесленника будет интересна как для российских, так и для зарубежных посетителей острова-града Свияжск, чтобы ознакомиться через их архитектуру и быт с особенностями культуры Республики Татарстан.

Ключевые слова: музей-усадьба, православные татары, архитектура острова-града Свияжск, культура Республики Татарстан, культурно-познавательный туризм.

Введение

Остров-град Свияжск историческое русское поселение. Его история основания и развития имела особое значение для Казанского края. Свияжск был местом исторического освоения территории Казанского ханства и активной пропаганды православной культуры среди народов Поволжья. Он был всегда в центре всех исторических и политических потрясений растущей Российской империи. В Свияжске через архитектуру и ландшафт отразились страницы истории российского и советского общества.

Остров-град Свияжск прошел различные этапы развития: в 16-17 веках он представлял собой город-крепость, который являлся административно-военным и православно-миссионерским центром края; в 18-19 веках являлся уездным центром, в котором преобладала функция торговли, также являлся транзитным пунктом на сибирском тракте, рек Волги и Свияги; в 20 веке город пережил разорение, на острове появляется исправительная колония, которая стала подразделением ГУЛАГа, а затем и психиатрическая больница [1, 2].

Сегодня Свияжск является культурно-просветительным центром, городом музеем, который сохранил более 20 памятников культуры. На территории функционируют музеи: музей-заповедник Island Sviyazhsk, музей истории Свияжска, художественный музей, музей Троицкого. Стоит отметить что в 2017 году Успенский собор и монастырь острова-града Свияжска были включены в список всемирного наследия ЮНЕСКО [3-6].

В настоящее время остров-град активно возрождается, в связи с чем возникает потребность во внедрении новых функций на территорию острова-града. Данные функции должны в первую очередь отвечать запросам культурно-познавательного туризма, а также создавать новые рабочие места для горожан Свияжска [7, 8].

Актуальность создания усадьбы православных татар на острове-граде Свияжск

Сегодня остров-град Свияжск активно возрождается, восстанавливаются монастыри и развивается туристическая инфраструктура. В связи с возрастающим потоком туристов появляется потребность в создании развлекательно-познавательных направлений, которые должны органично дополнять существующие функции.

Основная застройка острова-града Свияжск во все времена была представлена в виде одно- и двухэтажных построек, которые чаще всего являлись жилыми домами. Поэтому выбор функции музея-усадьбы не будет инородным для указанного участка.

Так как на острове уже существуют музеи-усадьбы горожан Свияжска, предлагается создать новый объект познавательного туризма – усадьбу православных татар, которая раскроет в полной мере историю места и познакомит туристов культурой и бытом народов Республики Татарстан.

Поселение Свияжск было основано Иваном Грозным, с целью освоения Казанского ханства, после которого часть тюркских и финно-угорских народов перешло в православие, в силу социальных и экономических причин. Но, не смотря на интеграцию, перешедшая часть населения сохранила свои традиции, что вызывает неподдельный интерес к данному феномену. Именно этот аспект является первопричиной создания усадьбы православных татар на территории острова-града Свияжск.

Поселения, архитектура традиционных жилищ и быт православных татар (татар-кряшен)

В данном разделе описывается традиционное жилище и быт православных татар на период 19 века.

Селения православных татар исторически располагались в Елабужском, Малмыжском, Мензелинском уездах, а также Уфимской губернии. По типу заселения большинство поселений относятся к овражно-речному или долинному типу, которые наиболее распространены в Среднем Поволжье.

Основными типами поселений являются деревни и села. Размеры поселений зависят от социально-исторических и природных условий. Существует несколько форм планировки селений: уличная, линейная, радиальная и беспорядочная.

Линейная форма наиболее распространена, характерна для овражно-речных и долинных поселений. Чаще всего такие поселения имеют одностороннее расположение улиц: дома строятся вдоль оврагов, речек или дорог.

Большинство селений православных татар вытянуто с запада на восток. Поэтому при двухстороннем расположении улиц первый ряд домов ставится фасадами на юг или восток, а второй ряд фасадами на север или северо-запад.

В планах деревень наблюдается еще одно своеобразие – дома при линейной односторонней планировке располагаются группами по одной линии, а между ними остаются свободные участки. Также дома ставятся на красной линии улиц, такая же постановка наблюдается и у других групп татар. Озеленение деревень различно.

Усадебные постройки представляют собой единый комплекс, который состоит из жилого дома и хозяйственных построек. Они имеют свое определенное расположение и особенности в строительной технике (рис. 1-2).

Усадьба имеет вытянутую прямоугольную форму, узкой стороной обращена на улицу. Также для татар-кряшен характерно полное замыкание изгороди усадьбы, что не характерно и для других групп татар.

Изгороди усадеб могут быть различных видов, из: плетня, частокола, рубленых заборов и т.д. Встречаются и дощатые заборы, но в отличии от других групп татар они не имеют ажурной верхней части. Проулки, огороды, загоны для скота огораживаются пряслом, камнем или тычинником.

Ворота в усадьбах делаются также различного типа, в зависимости от состоятельности хозяев. В бедняцких хозяйствах ворота представляют собой несколько жердей или досок, горизонтально укрепленных на раме. Состоятельные хозяева строили более массивные ворота, которые держались на 3-4 столбах, с калиткой и двухскатной тесовой крышей. Такие ворота характерны как для других групп татар, так и для русских усадеб (рис. 1).

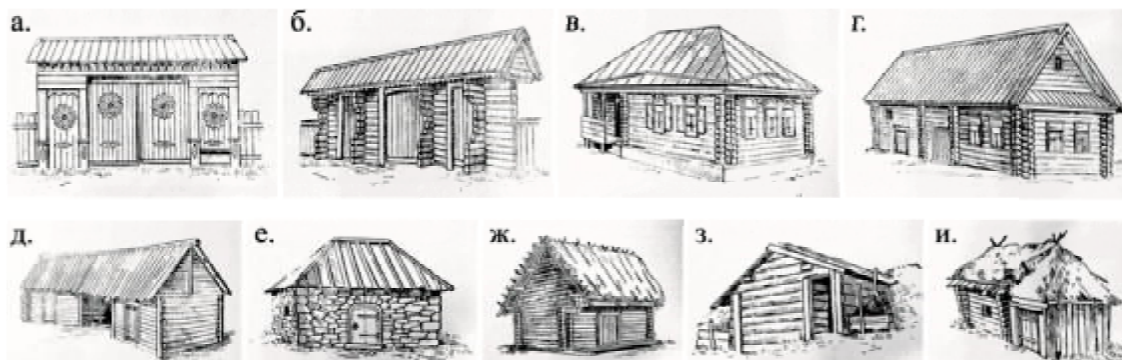


Рис. 1. Жилые и хозяйственные постройки усадеб православных татар
(источник: Мухаметшин Ю.Г. «Татары-кряшены»):

а – ворота с традиционным узором; б – срубные ворота;
в – жилой дом на фундаменте; г – жилой дом без фундамента; д – хлев;
е – амбар; ж – клеть; з – баня-землянка; и – надземная баня

Усадьба делится на две части: передний и задний двор. Передний двор включает жилища и хозяйственные постройки. Задний двор состоит из огорода, за огородом располагаются гумна с током, бани, овины-шиши, мякинники (рис. 2).

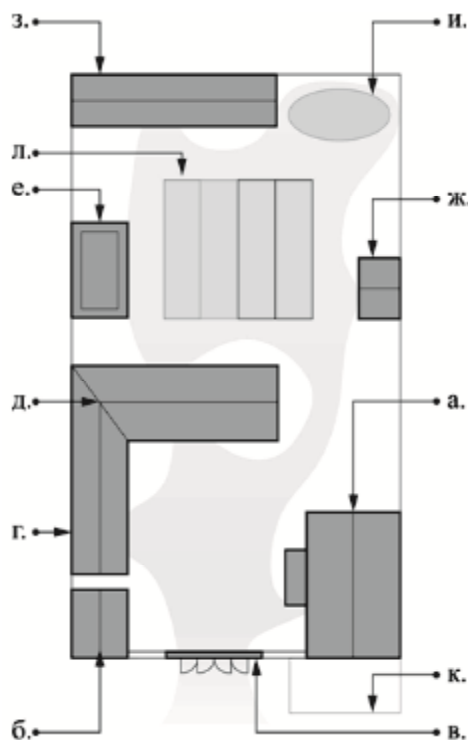


Рис. 2. Реконструкция усадьбы православных татар (реконструкция произведена Минибаевой А.Р.
по материалам книги Мухаметшина Ю.Г. «Татары-кряшены»):

а – жилой дом; б – амбар; в – ворота; г – клеть; д – навес; е – сарай; ж – баня;
з – навес; и – гумна с током; к – палисадник; л – огород

Двор чаще открытый, но иногда встречаются и дворы закрытого типа. Жилой дом ставится узкой стороной на улицу, амбары и погреба также располагаются на улице. Соединение жилищ с хозяйственными постройками у православных татар не отмечается. В целом для татар-крашен, как и для других групп татар характерно отделение жилища от хозяйственных построек (рис. 2).

Самой распространенной является покоеобразная застройка усадьбы, где напротив жилого дома находилась клеть, амбар или кладовая. Изначально такая застройка была присуща русским усадьбам, затем была заимствована другими группами татар. Также под общей крышей с ними вдоль бокового забора и поперек него располагаются другие хозяйственные постройки такие как: хлев, навес, конюшня, мастерская и т.д (рис. 2).

Жилые дома обычно строятся из круглых бревен, единично встречаются кирпичные дома. Иногда встречаются дома без фундамента, поставленные прямо на землю. По планировке жилища делятся на двухкамерные и трехкамерные. Двух камерные дома представляют из себя композицию сени-изба, трехкамерные изба-сени-изба. Высота строения составляет один этаж.

Планировка избы имеет компактную четырехстенную форму. Довольно пустынная внутри, иногда имеются «легкие» постоянные перегородки, или же временные которые представляют собой занавесь. Размещение всех необходимых элементов обстановки рассчитано на максимальное использование площади избы. Которые включают такие элементы быта, как: печь, справа или слева от входа; почетное место «тур» напротив двери; длинные нары вдоль стены; стол в углу; Данные элементы характерны и для других групп татар.

Также избы строятся с подпольем для хранения картофеля, вход устраивается около печи. Неотъемлемой частью жилого дома также являются холодные сени под общей крышей с домом. Преобладающая форма крыльца жилого дома обычно представлена в виде приподнятой до уровня входа площадки.

Амбары и клетки четырех угольные в плане, бывают одно- или двухкамерные, а также одно- или двухэтажные. Отличие амбаров от клеток заключается в том, что амбары имеют больший размер и двустворчатую дверь, в то время как клетки имели меньший размер и одностворчатую дверь. Оба строения имеют два варианта оформления входа: выступающий навес со ступенькой и без навеса просто ступенька.

Хлева могут быть как теплые, так и холодные. В зажиточных усадьбах в хлеве располагается печь для приготовления корма скоту. Стоит отметить что татары-крашеные, в отличие от татар мусульман, помимо лошадей, баранов, коров разводят и свиней.

Навес располагается чаще всего в углу двора, под ним держат скот или инвентарь по уходу за двором и огородом (рис. 2).

Характерной хозяйственной постройкой является баня. Бани конструктивно подразделяются на два типа: надземные и бани-землянки (рис. 1). Православные татары также, как и другие группы татар чаще строят надземные бани. К бане обычно пристраивают легкий предбанник из теса. Оба типа бань топились по-черному.

В целом достаточно часто встречаются срубные постройки, но иногда можно заметить и постройки из самана, камня, луба. Техника сооружения срубных построек проста, и мало чем отличается от техник других групп татар – их рубили из тонких бревен. При постройке отдельно стоящих или примыкающих навесов используется столбовая конструкция, столбы имеют развилку в верхней части. Крыши построек имеют стропильную конструкцию. Форма крыши может быть двухскатной или четырехскатной. Покрытиями крыши служат: солома, тес, иногда луб.

Во внешнем оформлении основное внимание обращалось на украшение ворот и жилища. Наиболее распространенной была пропиленная резьба. Ею украшают фронтоны, карнизы, створки и несущие балки ворот. Они представляют собой геометрические орнаменты, многие из которых совпадали с мотивами других групп татар (рис. 1).

Важно отметить что жилища православных татар в отличии от других групп татар выделялись монохромной раскраской фасадов.

В данном разделе были рассмотрены наиболее часто встречающиеся жилища православных татар, более подробно данный материал представлен в библиографических источниках [9, 10].

Архитектурные особенности предложения по созданию усадьбы православных татар на территории острова-града Свяжск

В данном разделе будет представлена попытка создания усадьбы православных татар на территории острова-града Свяжск.

Одним из мест под размещение усадьбы может быть выбрано в структуре улицы Успенской, которая является одной из главных улиц острова-града. Территория располагается в 19 квартале, в непосредственной близости от Рождественской площади. Площадь под проектирование составляет 400 м², перепад 0,7 м².

Стоит отметить, что данная территория не эксплуатируется, окружающие ее постройки являются жилыми домами, которые не превышают двух этажей.

При разработке данного раздела были поставлены следующие задачи:

- отметить границу проектирования;
- воссоздать все постройки характерные для усадеб православных татар;
- отразить уклад жизни православных татар в архитектуре и элементах быта;

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы:

- уточнены границы свободных территорий на топографических картах;
- рассмотрены имеющиеся источники;

Основываясь на библиографических исследованиях, была воссоздана планировка усадьбы [9, 10]. Так как быт в хозяйстве чаще всего тесно связан с промыслом, которым занимались обитатели, было найдено его отражение и в планировке усадьбы. В качестве промысла было выбрано наиболее распространенное ремесло среди православных татар – валяние шерсти.

Планировка усадьбы соответствует наиболее распространенной схеме: передний и задний двор (рис. 3).



Рис. 3. Предложение по планировке усадьбы православных татар
(реконструкция выполнена Минибаевой А.Р., под руководством Фазлеева М.Ш.):

- 1 – жилой дом: 1.1-1.2 – сени, 1.3-1.4. – изба; 2 – амбар; 3 – клеть; 4, 7 – навес;
5 – мастерская: 5.1 – сени, 5.2 – мастерская; 6 – стирня и сушильня для изделий из шерсти;
8 – баня; 9 – гумна с током; 10 – туалет; 11 – огород

Передний двор включает такие постройки как: ворота, жилой дом, амбар, хлев и навес. Ворота четырех-столбные украшенные характерной резьбой православных татар, так как усадьба располагается на территории острова-града то и мотивы свияжских узоров нашли отражение в декоре (рис. 4).

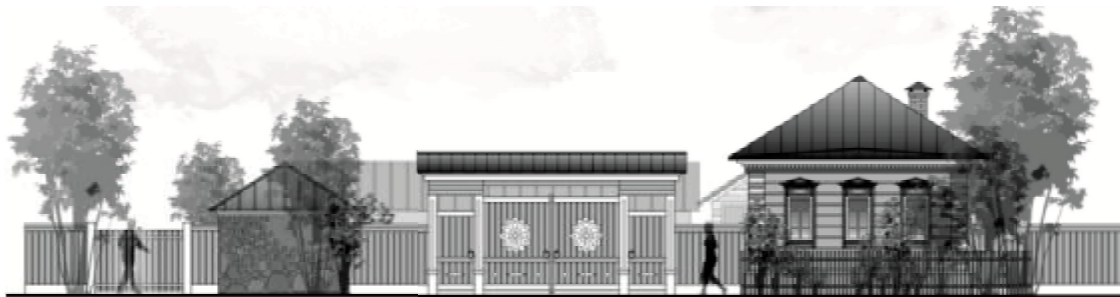


Рис. 4. Предложение по фасаду усадьбы православных татар
(реконструкция выполнена Минибаевой А.Р. под руководством Фазлеева М.Ш.)

Жилой дом расположился узкой стороной на улицу, выполнен из круглых брёвен, имеет три окна. Планировка двух камерная: изба-сени. Дом также украшен пропиленной резьбой, основанной на тех же мотивах что и ворота. Амбар одноэтажный, выполнен из камня, примыкает к воротам и не имеет фундамента. Хлев двухкамерный, соединён с навесом, под которым имеется место для хранения запасов сена. Рядом с навесом отмечено место дровни, а также располагается туалет (рис. 3-4).

Посреди двора поставлена мастерская, примыкающая к навесу с клетью, которая делит участок на передний и задний двор, что характерно для всех групп татар. Мастерская в плане напоминает двухкамерный жилой дом, сени-изба.

На заднем дворе предлагается поставить: баню, навес, стирню и сушильную для шерсти, а также огород.

В самом дальнем углу усадьбы имеется гумна с током предназначенная для перемола зерна, которая имеет свой отдельный выезд.

Все постройки выполнены из сруба, что характерно для всех групп татар и жителей Свияжска, а также имеют монохромный цвет.

Заключение

В настоящее время остров-град Свияжск активно развивается. На острове располагается более 20 памятников архитектуры, но, несмотря на это, имеются свободные территории, которые требуют заполнения. В связи с этим, существует потребность во внедрения новых функций, которые должны отвечать потребностям культурно-просветительного туризма и соответствовать архитектурной среде острова-града Свияжск.

В статье было рассмотрено традиционное жилище православных татар и предложено создание музея-усадьбы, рассказывающего об их быте и архитектуре.

В результате проведённого исследования, можно сделать выводы:

- музей-усадьба такого типа не диссонирует с окружающими постройками, соответствует эстетике и этажности острова-града Свияжск;
- отвечает потребностям культурно-познавательного туризма;
- значима с экономической точки зрения, так как создает новые рабочие места.

Стоит отметить, несмотря на влияние русской культуры, традиционное жилище православных татар сохранило в себе традиции присущие другим группам татар. Демонстрируя феномен слияния культур и традиций двух народов в архитектуре. Поэтому, их быт может представлять интерес не только для российских или зарубежных туристов, но и вызвать любопытство у жителей Республики Татарстан.

Список библиографических ссылок

1. Остроумов В. П., Чумаков В. В. Свяжск. История планировки и застройки. Казань, 1971. 62 с.
2. История // Остров Свяжск : сайт про остров-град Свяжск. 2014-2017. URL: www.sviyazhsk.ru (дата обращения: 05.10.2018).
3. Шульгин П. М., Штеле О. Е., Валеев Р., Ситдинов А., Хайрутдинов Р., Персова С., Силкин А., Фролова С., Забирова Ф. Успенский собор острова-града Свяжск в мировом культурном наследии. Казань, 2016. 180 с.
4. Остров-град Свяжск // Официальный сайт. 2018. URL: <http://sviyazhsk.info-music.org> (дата обращения: 12.10.2018).
5. 5 reasons to visit the UNESCO island town of Sviyazhsk // RUSSIA BEYOND : интернет издание. 2017. URL: <https://www.rbth.com/arts/history> (дата обращения: 12.10.2018).
6. Assumption Cathedral and Monastery of the town-island of Sviyazhsk // UNESCO : официальный сайт. 2017. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1525> (дата обращения: 12.10.2018).
7. Sights of Sviyazhsk, or a trip to the island of history // tostpost.com : интернет издание. 2018. URL: <https://tostpost.com/travel/13609-sights-of-sviyazhsk-or-a-trip-to-the-island-of-history.html> (дата обращения: 11.10.2018).
8. Фазлеев М. Ш. Некоторые аспекты туристической привлекательности архитектурно-ландшафтного комплекса острова-града Свяжск : сб. ст. III Международной научно-практической конференции / КГАСУ. Казань, 2015. С. 161–165.
9. Мухаметшин Ю. Г. Татары-кряшены. Историко-этнографическое исследование материальной культуры. Середина XIX-начало XX в. М. : Наука, 1977. 184 с.
10. О кряшенах // Кряшенская духовная миссия : официальный сайт. 2018. URL: <http://www.missiakryashen.ru/about> (дата обращения: 05.10.2018).

Fazleev Marat Shigabatdinovich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: fastin@mail.ru**Minibaeva Alfiya Rashitovna**

post-graduate student

E-mail: minibaeva-alfiya@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Mustafina Gulnara Hamitovna

director

E-mail: 2769482@mail.ru**SK «Atrium»**

The organization address: 420081, Russia, Kazan, Kamaleeva st., 28/9

**Creation of architectural and cultural complex of orthodox tatars estate
on island-town of Sviyazhsk territory****Abstract**

Problem statement. The objective of the article is to create an orthodox tatars estate on the island town of Sviyazhsk territory. The article reviews the architecture of the traditional dwelling and everyday life of orthodox tatars, and also presents a version of this estate placement in the historic development of the island town.

Results. The main results of the research for architecture involve comparing the space-planning features of the orthodox tatars estates with other groups of tatars and the appropriateness of this type of estate museum location in the island town of Sviyazhsk.

Conclusions. The significance of the results obtained is to justify the new function introduction in the island town of Sviyazhsk, contributing to its tourist development. According to the article authors, the estate of an orthodox tatar craftsman will be interesting for both Russian and foreign visitors to the island town of Sviyazhsk to familiarize themselves with the cultural characteristics of the Republic of Tatarstan through architecture and everyday life of people inhabiting it.

Keywords: estate museum, orthodox tatars, architecture of the island town of Sviyazhsk, culture of the Republic of Tatarstan, cultural tourism.

References

1. Ostroumov V. P., Chumakov V. V. Sviyazhsk. History of Planning and Building. Kazan, 1971. 62 p.
2. History // Island Sviyazhsk : website about the island-town of Sviyazhsk. 2014-2017. URL: www.sviyazhsk.ru (reference date: 05.10.2018).
3. Shulgin P. M., Shtele O. E., Valeev R., Sitdikov A., Khairutdinov R., Persova S., Silkin A., Frolova S., Zabirowa F. Assumption Cathedral of the island-town of Sviyazhsk in the world cultural heritage. Kazan, 2016. 180 p.
4. Island town of Sviyazhsk // official website. 2018. URL: <http://sviyazhsk.info-music.org> (reference date: 12.10.2018).
5. 5 reasons to visit the UNESCO island town of Sviyazhsk // RUSSIA BEYOND : internet-edit. 2017. URL: <https://www.rbth.com/arts/history> (reference date: 12.10.2018).
6. Assumption Cathedral and Monastery of the town-island of Sviyazhsk // UNESCO : official website. 2017. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1525> (reference date: 12.10.2018).
7. Sights of Sviyazhsk, or a trip to the island of history // tostpost.com : internet-edit. 2018. URL: <https://tostpost.com/travel/13609-sights-of-sviyazhsk-or-a-trip-to-the-island-of-history.html> (reference date: 11.10.2018).
8. Fazleev M. Sh. Some Aspects of the tourist attractiveness of the architectural-landscape complex of the island-town of Sviyazhsk : dig. of art. the III International Scientific and Practical Conference / KGASU. Kazan, 2015. P. 161–165.
9. Mukhametshin Yu. G. Tatars-Kryashens: Historical and Ethnographic Study of Material Culture. Mid-19th century-early 20th century. M. : Nauka, 1977. 184 p.
10. About Kryashen // Kryashenskaya spiritual mission : official website. 2018. URL: <http://www.missiakryashen.ru/about> (reference date: 05.10.2018).

УДК 72.03

Фазлеев Марат Шигабатдинович

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: fastin@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Ямалова Анастасия Вячеславовна

архитектор

E-mail: at4kaya@gmail.com**ООО «Альфа»**

Адрес организации: 350063, Россия, г. Краснодар, ул. Фрунзе, д. 30

Предпосылки формирования и развития речного порта Казани в его современных границах

Аннотация

Постановка задачи. В статье рассматриваются градостроительные, историко-культурные предпосылки и этапы развития речного порта в Казани.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в раскрытии процесса формирования портовых территорий Казани и влияния их местоположения на развитие городской структуры, освещении причин переноса порта на новое место в советский период. Изучение исторических, градостроительных и социально-экономических аспектов, повлиявших на выбор территории под строительство. В статье выявляются истоки формообразования речного вокзала, как центра композиции речного порта. Его архитектурная и градостроительная концепция. Рассматривается современное состояние речного порта, обозначаются его проблемы.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в раскрытии ценности речного порта Казани, как части отечественного историко-архитектурного наследия. Речной порт в Казани формировался под воздействием ряда различных факторов, сумма которых, в итоге, и определила его современное местоположение и значение для городской структуры и истории.

Ключевые слова: речной порт, пристани, реконструкция, градостроительные предпосылки, Адмиралтейская слобода, архитектурная концепция.

Введение

Одно из важных условий для выбора места поселения – это наличие водных источников, в том числе рек. Вместе с развитием общества развивались и методы использования водных ресурсов. Помимо источника воды, реки это естественная защита, коммуникативные, торговые связи между поселениями, странами. История использования рек для транспортировки грузов и торговли насчитывает не одну тысячу лет.

Волга и её крупные притоки издревле были важным торгово-экономическим ресурсом для каждого формирующегося по близости города. Волжско-Камская речная система – это торговый путь между севером, югом, востоком и западом. Именно по Волжскому пути шла активная торговля между востоком и скандинавскими странами уже в VIII веке. С реки Камы шли товары с северных территорий. В IX-X веках в торговле значительную роль играли такие центры, как хазарский Итиль в устье, болгарский Булгар на Средней Волге, города Верхнего Поволжья. С XV века растёт роль таких центров, Нижний Новгород, Астрахань, а так же активную роль берет на себя Казань. Подчинение в середине XVI века Казанского и Астраханского ханств молодым Российским государством привело к объединению всей Волжско-Камской речной системы в одних руках, что способствовало расцвету торговли в XVII веке. Волга была основным торговым путем и в России царского периода. А в советском союзе, помимо переправки грузов и пассажирских судов, река активно используется для выработки электроэнергии, ведется масштабное строительство гидроэлектростанций. Казань, как один из городов, сформировавшихся рядом с Волгой, в течение всех исторических периодов тесно взаимосвязана с

судоходством. Выгодное расположение города на пересечении двух крупных речных систем – Камской и Волжской сказалось на становлении города как судоходного центра. А так же отразилось на развитии города в целом. По историко-архивным исследованиям можно выделить VI основных этапов развития порта в Казани [1, 2].

I этап – развитие пристаней вокруг Казани

Казань расположена в устье реки Казанка, на реке Волга. С момента основания Казани, неоднократно поднимался вопрос создания территории для использования транспортного потенциала водных путей. Так что судоходство исторически связано с развитием города. Долгое время Волга, Казанка, протока Булак и система озер Кабан представляли собой цельную систему. Вокруг протоки Булак активно формировались пристани и торговые территории, пользуясь удобным способом транспортировки грузов на территорию Казани. На Булаке для этих целей было два шлюза, которые регулировали движение, существовали подъемные мосты для пропуска более крупных судов. Но течение Булака было связано с уровнем воды в Волге. В нормальное время направление тока было от озера Кабан в р. Казанку, а во время разлива Волги и Казанки, уровень воды в реках поднимался и разворачивал течение в протоке Булак. В период засухи ключи в озере не могли обеспечить нужный уровень воды, и протока пересыхала, нарушая систему и затрудняя отправку грузов таким образом.

С развитием судостроения, ростом города и повышением объемов торговли пристани на протоке Булак постепенно теряют функцию основных пристаней. Становясь исключительно торгово-перевалочным пунктом. Туда переправляют грузы, принятые на крупных пристанях и перегруженные на более мелкие суда, способные маневрировать по протоке. Протока слишком мелкая для крупных грузовых судов. Товары или распродавались прямо с воды или перегружались в подвалы торговых рядов сформированных вдоль протоки. Пристани на Казанке и Волге – принимают основной объем грузопотока. Наиболее значимые пристани – это Кремлёвские пристани на Казанке, возле протоки Булак, обслуживающие Биржу, действовавшую на Ярмарочной площади (рис. 1).



Рис. 1. Пристань у кремля между плавучим мостом через р. Казанку и устьем протоки Булак в 1840-е годы. (Литография из альбома Андре Дюрана)

И пристани на Волге сформировавшиеся на территории Бишбалты, там же появляются первые судостроительные верфи. В ходе развития Волжские пристани получают первенство, обеспечивая связь между городами, расположенными вдоль рек Волги и Камы. Пристани на Казанке и Булаке работают на сам город, как перевалочные и торговые пункты [1, 3].

II этап – формирование портовых территорий в Адмиралтейской слободе

В 1718 году указом Петра I возле Казани создается Адмиралтейство. До этого территория представляла собой селение-слободу Бишбалта, в устье Казанки и отведенную под адмиралтейство часть территории Зилантовского монастыря. По берегу уже располагались судостроительные верфи и мелкие причалы, но формирование цельной

Но ни один из них так и не реализуется из-за технической сложности проектов для того периода времени, а так же их высокой стоимости. Государственный интерес к развитию порта в Казани, после закрытия Адмиралтейства в 1829 году, не высок, а сил и заинтересованности местных купцов – не достаточно [3-5].

IV этап – советский период с 1931-1956 гг.

Внимание к проблеме речного порта в Казани возвращается уже при советской власти, в начале 1930-х годов. Хотя обсуждения нового речного порта для Казани возобновляются еще в 1915 году, но реализации идеи так и не получают. Пристани подвергаются реконструкции после разрушений полученных во время революции и оснащаются современным погрузочным оборудованием. До этого момента вся погрузка производилась без техники. Строится новое деревянное здание речного вокзала. К причалам Дальнего Устья подводится железнодорожная ветка. В 1933 году народный комиссариат водного транспорта предоставляет финансирование на подготовительные работы по капитальному обустройству порта. Но после проведения изыскательных работ было принято решение приостановить разработку проекта на этом месте. В 1941-1945 гг., во время Великой Отечественной Войны, значительная часть предприятий и заводов с прифронтовой зоны и оккупированных районов эвакуируется в Казань и другие города Республики Татарстан. Ведется эвакуация мирного населения. В этом основную нагрузку принимают на себя именно водные перевозки, подчеркивая роль порта в жизни страны и города. По воде отправляется военная поддержка и грузы к осажденному Сталинграду. В 1941 году пристань Казань, за свою роль в обороне страны, получает переходящее Красное знамя Государственного Комитета Оборона СССР. После войны, в апреле 1948 года официальным постановлением Министра речного флота СССР пристани «Казань» преобразовываются в «Казанский речной порт» [5, 8, 9].

V этап – перенос речного порта на новое место

Увеличение числа заводов в Казани сказывается на функционировании порта и связанной с ним транспортной инфраструктуры. Порт не справляется с объемом принимаемого груза. Постоянно растущие темпы судоходства требовали наличия высокопропускного речного порта. Оценив ситуацию в регионе, в 1952 году официально принимается решение о переносе речного порта. Государственный институт проектирования объектов речного транспорта (Гипроречтранс) с 1950 года занимается проектирование нового речного порта в Казани. В 1956 году работа в Казанском речном порте на Дальнем Устье приостанавливается, начинается снос строений и перенос оборудования. В этот же время меняется русло Казанки. Так как строительство Куйбышевского водохранилища предполагало постоянный подъем уровня воды в Волге, в целях предотвращения постоянного притока воды в канал Булак отрезается дамбой. Устье засыпается, оставляя только подземный водовод. Место впадения Казанки в Волгу переносится в район Кировской дамбы, старое русло от реки полностью отрезается. К осени 1956 года намывается портовая дамба инженерной защиты. В 1957 году территория Дальнего Устья затапливается в связи с постройкой Куйбышевского водохранилища, параллельно начинается работа над возведением опорных конструкций нового речного порта. В конце 1957 года Государственная комиссия приняла в эксплуатацию первые объекты порта (рис. 3).

От русла Волги того периода была прорыта акватория, для подхода к городу крупных судов, на берегу которой размещались причалы и портовое хозяйство. Берега были укреплены железобетонными и каменными опорными стенками. Бассейн начинался у Волги и подступал к бывшей Ново-Татарской слободе. Местоположение акватории в общих границах примерно соответствовало проектам, разрабатываемым еще в 19 столетии.

Комплекс речного порта представляет собой пассажирский и грузовой терминалы, расположенные на длинном километровом искусственном пирсе и включает в себя: главное здание речного вокзала, кассы, склады, порталы краны, зарядную станцию, ремонтно-механические мастерские.



Рис. 3. Речной порт на карте Казани 1957 года (инт.-ресурс Казанский Картограф)

Главное здание комплекса речного порта строится в 1962 году архитектором И.Г. Гайнутдиновым в соавторстве с С.М. Константиновым. Здание речного вокзала явилось центральным элементом комплекса порта. Приподнятое положение над площадью перед речным вокзалом выделяло его как доминанту. Здание расположили таким образом, чтобы напрямую связать его с центром города с помощью улицы Татарстан. Согласно архитектурной концепции сквозное остекление символизировало прозрачные ворота в город. А лаконичная на первый взгляд форма в общем объеме и членении окон создавала образ вставшего на пристань морского трамвайчика, а не стационарного объекта (рис. 4).



Рис. 4. Речной вокзал Казанского речного порта, 1990 г. (автор фото А. Топуз)

Проект разрабатывался в кризисные годы, параллельно с огромным объемом инженерных и градостроительных мероприятий, и перед авторами стояла сложная задача воплотить задуманные образы, подчеркивающие значимость объекта для города при минимуме затрат. Основная градостроительная концепция, заложенная в проект – соединить территорию порта с историческим центром города, улицей Татарстан, при этом формируя новый современный вид столицы Советской Республики. Строительство порта стимулирует развитие улицы Татарстан, как связующего звена между транспортным узлом и городом. Возле порта проектируется автовокзал, подводится трамвайная линия и железнодорожные пути. Железная дорога соединяет промышленную зону в Адмиралтейской слободе с новой территорией порта. Строительство на новой территории порта продолжается до 1964 года, с постепенной сдачей объектов в эксплуатацию. Порт Казани становится крупнейшим портом Волжского бассейна на тот период времени. В 1970 годы, не в последнюю очередь благодаря зданию речного вокзала, а так же высокому на тот период уровню оснащения, Казанский речной порт называется лучшим на Волге [7-11].

VI этап – пост-советский период

В 1993 году Казанский речной порт переводят в ГУП «Судоходная компания «Татфлот» Предприятие приватизируется. В 2005 году компания признается банкротом. Порт становится на баланс ОАО «Азимут». В этот же период проводится реконструкция

здания речного вокзала. Добавляются дополнительные два этажа, меняется остекление. Теряется первоначальная идея авторов – образ корабля, а благодаря новым непрозрачным стеклам, здание не объединяет порт и город, а разграничивает. Неудачное решение вопроса безопасности еще сильнее отделяет территорию порта от города. Территория порта закрыта забором, доступ ограничен для всех, кроме пассажиров рейсовых и туристических перевозок. Это исключает для пассажирской части порта рекреационную функцию. Территория и часть объектов пассажирского речного порта не функционируют, здание вокзала так же используется не полностью. Проблема связана в первую очередь с особенностью функционирования – порт работает сезонно: с мая по начало октября, оставшуюся часть года его работа ограничена. Потенциальные возможности территории вне прямой функции как речного порта не используются. Для здания речного вокзала во время реконструкции предполагалась новая функция гостиницы. Но никаких работ с территорией пассажирской части порта не запланировано, что снижает привлекательность места для возможных посетителей.

В ближайшее время все Промышленные объекты с территории речного порта планируется вывести за черту города. Активно разрабатываются проекты для нового бизнес района на освободившейся территории, проводятся конкурсы на реконструкцию прибрежных территорий между речным портом и Кировской дамбой [11, 12].

Заключение

Водные пути играли важную роль в формировании Казани в течение всего периода ее существования. Речной порт в Казани формировался под воздействием ряда различных факторов, сумма которых, в итоге, и определила его современное местоположение и значение в городской структуре и истории.

Перенос речного порта был организован не только по причинам строительства Куйбышевского водохранилища, но и из-за необходимости повышения его роли в градостроительном плане Казани, в связи с ростом города и его промышленности. Стремительное развитие судоходства в Советский период было связано с необходимостью максимально рациональной и удобной организации перевозки грузов и пассажиропотока. Чтобы новый порт получил свою реализацию, были проведены сложные инженерные работы: укрепление береговой линии, углубление бассейна, формирование волнорезов, организация дамб. Вместе с ним формировалась необходимая транспортная инфраструктура.

Речной порт расположен в границах исторического поселения, близко от исторического и экономического центра Казани. И благодаря своей истории, местоположению в городе территория до сих пор имеет важное историко-культурное, градостроительное значение для Казани.

Сейчас пассажирский порт сталкивается с рядом проблем, требующих решения. Первоначальная идея комплекса речного порта была утеряна во время реконструкции. Территория утратила свою привлекательность из-за длительного периода упадка, изоляции от города, ограниченной функциональности объектов. Но речной порт является «лицом» города со стороны воды, что накладывает определенные обязательства и делает необходимым грамотную работу с объектом.

Список библиографических ссылок

1. Пинегин М. Н. Казань в ее прошлом и настоящем. СПб., 1890. 604 с.
2. Волга в истории Казани: как река повлияла на развитие Татарстана // Аргументы и Факты: ежедневн. интернет-изд. 2010. URL: <http://www.kazan.aif.ru/culture/1172350> (дата обращения: 03.08.2018).
3. Пристани в Казани // Старая Казань: историческое интернет-изд. 2012. URL: <http://www.iske-kazan.ru/171-kazanskije-pristani> (дата обращения: 20.07.2018).
4. Мансурова Ю. В. «Откуда есть пошла Адмиралтейская слобода...» История Казанской Адмиралтейской слободы // Гасырлар Авазы. 2005. № 2. С. 60–67.

5. Информационно-историческая справка. Казанский речной порт. // Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан: интернет-ресурс. 2012. URL: <http://mindortrans.tatarstan.ru/informatsionno-istoricheskaya-spravka.htm> (дата обращения: 03.06.2018).
6. Фотографии старой Казани (конец XIX-нач. XX веков) // Kazan.ru : электронный архив. 2015. URL: <http://kazan.ru/foto-kazani/c/fotografii-staroj-kazani-koniec-xix-nachalo-khkh-vekov> (дата обращения: 02.08.2018).
7. Карты Казани и окрестностей // Казанский Картограф : электронный архив. 2012. URL: <http://tat-map.ru> (дата обращения: 20.07.2018).
8. Кузьмин В. В., Смыков Ю. И., Халиков А. Х. Казань: Путеводитель. Казань : Татарское кн. изд-во, 1977. 224 с.
9. Стражевский А. Б., Шмелев А. А. Путеводитель «Ленинград – Астрахань – Ростов-на-Дону». М. : Мысль, 1968. 166 с.
10. Речной порт Казань // Гид по Казани : еженед. интернет-изд. 2014. URL: <http://www.photokzn.ru/places/0/15> (дата обращения: 03.08.2018).
11. Это вы думаете, что мы просто людей с берега на берег перевозим, и все // Kazanfirst: интернет-изд. 2017. URL: <https://kazanfirst.ru/articles/411970> (дата обращения: 20.07.2018).
12. Активизация городских функций Казани в акватории Волжской излуины // Эко-берег : сайт международного арх. фестиваля. 2018. URL: <http://ecobereg.ru/contest/eko-bereg-kazan-2018/> (дата обращения: 10.10.2018).

Fazleev Marat Shigabatdinovich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: fastin@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Yamalova Anastasiya Vyacheslavovna

architect

E-mail: at4kaya@gmail.com**LLC «Alpha»**

The organization address: 350063, Russia, Krasnodar, Frunze st., 30

**Prerequisites for the formation and development
of Kazan river port in its current borders****Abstract**

Problem statement. This article examines historic, cultural, and town planning background for creation of Kazan river port complex, as well as its stages of development.

Results. The main results consist of the research in discovering the process of the formation of the port territories of Kazan and the influence of their location on the development of the urban structure, highlighting the reasons for the port's transfer to a new place in the Soviet period. Research also includes studying historical, urban planning and socio-economic aspects that influenced the choice of the territory under construction. The article identifies the origins of the formation of the river station as the center of the composition of the river port. Its architectural and urban concept. The current state of the river port is considered, its problems are indicated.

Conclusions. The importance of the received results for architecture lies in revealing the value of the river port of Kazan as part of the national historical and architectural heritage. The river port in Kazan was formed under the influence of a number of different factors, the sum of which, as a result, determined its current location and significance for the city structure and history.

Keywords: river port, wharf, reconstruction, urban planning prerequisites, Admiralty sloboda, architectural concept.

References

1. Pinegin M. N. Kazan in its past and present. SPb. 1890. 604 p.
2. Volga in the history of Kazan: how the river influenced the development of Tatarstan // Argumenty i Fakty : daily internet ed. 2010. URL: <http://www.kazan.aif.ru/culture/1172350> (reference date: 03.08.2018).
3. Quays in Kazan // Old Kazan: historical internet ed. 2012. URL: <http://www.iske-kazan.ru/171-kazanskije-pristani> (reference date: 20.07.2018).
4. Mansurova Yu. V. «Where did the Admiralty settlement go?» The history of the Kazan Admiralty suburb // Gasyrlar Avazy. 2005. № 2. P. 60–67.
5. Information and historical reference. Kazan river port // Ministerstvo transporta i dorozhnogo khozyaystva Respubliki Tatarstan : internet resource. 2012. URL: <http://mindortrans.tatarstan.ru/informatsionno-istoricheskaya-spravka.htm> (reference date: 06.03.2018).
6. Photos of the old Kazan (the end of the XIX-beginning of the XX century) // Kazan.ru : electronic archive. 2015. URL: <http://kazan.ru/foto-kazani/c/fotografii-staroj-kazani-konec-xix-nachalo-khkh-vekov> (access date: 08.02.2018).
7. Maps of Kazan and the surrounding area // Kazanskiy Kartograf : electronic archive. 2012. Kazan Cartographer URL: <http://tat-map.ru> (reference date: 20.07.2018).
8. Kuzmin V. V., Smykov Yu. I., Khalikov A. Kh. Kazan: A Guide. Kazan : Tatarskoye kn. izd-vo, 1977. 224 p.
9. Strazhevsky A. B., Shmelev A. A. Leningrad – Astrakhan – Rostov-on-Don Guide. M. : Mysl, 1968. 166 p.
10. River port Kazan // Gid po Kazani : weekly. internet ed. 2014. URL: <http://www.photokzn.ru/places/0/15> (reference date: 08.03.2018).
11. Do you think that we are just transporting people from shore to shore, and that's all // Kazanfirst : internet ed. 2017. URL: <https://kazanfirst.ru/articles/411970> (reference date: 20.07.2018).
12. Activation of the city functions of Kazan in the water area of the Volga bend // Ekobereg : international arch. festival website. 2018. URL: <http://ecobereg.ru/contest/eko-bereg-kazan-2018/> (reference date: 10.10.2018).

УДК 72.03

Чебинев Александр Иванович

профессор

E-mail: art.sasha.i@yandex.ru

Чебинева Елена Васильевна

старший преподаватель

E-mail: chebineva@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Буткевич Никита Михайлович

архитектор

E-mail: archinik07@gmail.ru

МБУ Институт «Казгражданпроект»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 35

Реконструкция городских промышленных зон

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – изучение предпосылок и этапов экономического развития Канады. Влияние географических условий на формирование индустриальных зон и специфику их производств.

Результаты. Основные результаты исследования позволили выявить обстоятельства, приведшие к упадку процветающих производств, а также принципы их интеграции в современную застройку.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что сохранение исторического наследия в другом качестве обеспечило городу экономическую выгоду и эстетику среды, а населению новые центры образования досуга.

Ключевые слова: формирование промышленных зон города, специфика их производств, сохранение объектов исторического наследия в новом качестве.

Введение

Город как центр жизнедеятельности человека, растет и развивается вместе с его жителями, и потому сосуществование старой и новой архитектуры в едином пространстве абсолютно закономерно. С течением времени, эволюция этого пространства неизбежна – и одни здания уходят, уступая место новым архитектурным ансамблям. Однако, подход к этому процессу постоянной смены архитектурной среды, со стороны организаций, контролирующих градостроительство, может быть разным – где-то отдается предпочтение полной элиминации отживших свой век построек, а где-то интеграция старых форм в новый облик города, кажется более удачным решением. Так, в Торонто, одном из центральных городов Канады, второй подход практикуется более часто. Страна, где история насчитывает всего чуть больше 150 лет, с трепетом относится к ее сохранению, а потому и архитектура прошлого рассматривается как органичный элемент современного облика города. Район Distillery (Дистиллери) и Don Valley Brickworks (Кирпичный Завод Долины Дон), расположенные в Торонто, яркий тому пример.

Две вехи 18 века – его начало и конец – превратили Канаду из страны лесорубов и охотников, в страну аграриев. Принимая во внимание огромный размер страны, ее экономическое развитие различалась от области к области: в одних из них было развито скотоводство, в других добыча полезных ископаемых, в-третьих, земледелие. Однако именно освоение новых сельскохозяйственных угодий позволило Канаде стать одной из главных экспортеров пшеницы, что ускорило производство сельскохозяйственной техники и строительство железных дорог [1]. В 1837-1838 гг. были проложены первые ветки железной дороги.

Дальнейший строительный бум продолжился благодаря инвестициям США, которые были заинтересованы в тяжелой промышленности, напрямую связанной с железнодорожным строительством. Именно строительство сети железнодорожных путей

и следующая за ним необходимость в рабочей силе и материалах стали причиной появления новых отраслей промышленности. Этот период, отмеченный колоссальным притоком иммигрантов, дал толчок дальнейшему общему стремительному росту страны. В начале XX века провинция Онтарио, пережив быстрый процесс индустриализации, стала крупным промышленным и банковским центром.

Уже в первой половине 19 века Торонто был вполне сложившимся городом [2]. Его территория занимала северное побережье озера Онтарио. Размещение города на этом участке было обусловлено специфическими географическими условиями, а именно довольно протяженной береговой полосой озера со спокойным рельефом пригодной для строительства. В основе структуры города лежала обычная прямоугольная сетка, свойственная градостроительству первой половины 19 века. Застройка центральной части представляла собой немногочисленные многоэтажные общественные здания, в то время как жилая застройка состояла в основном из многоквартирных или блокированных деревянных домов, высота которых редко превышала 1-2 этажа.

Промышленный район Дистиллери

Бурное развитие капитализма привело к росту промышленности [1]. В середине 19 века на восточной окраине Торонто в устье реки Дон, протекающей с севера на юг, было начато строительство порта. Территория порта, частично выступающая в озеро, положила начало формированию промышленной зоны города. Одна из веток сети железнодорожных магистралей страны, проходящей через порт Торонто, сформировала мощный транспортный узел, обеспечивающий грузооборот. Дальнейшее расширение промышленной зоны привело к расчленению структуры города на два обособленных района: селитебный и промышленный. Таким образом, в регионе, занимавшемся ранее земледелием и скотоводством, произошла переориентация сферы деятельности. Период очередного притока эмигрантов послужил дальнейшему развитию промышленности и бурному росту городского строительства [3]. Новое строительство, приняв сложившуюся линейную схему планировки города вдоль побережья, стало развиваться дальше на восток. Естественной границей, между сложившейся производственной зоной и территорией подлежащей дальнейшей городской застройке, послужило русло реки. Таким образом, промышленность оказалась в «буферной» зоне между старой частью существующего города и застройкой нового восточного района. Это повлекло за собой прокладку новых транспортных сетей и развития инженерной инфраструктуры, которые должны были обеспечить связи мест труда с жилыми районами и санитарно-гигиенические условия.

Район Дистиллери (Distillery District), занимавший центральное место индустриального района, начал свое существование с середины 19 века [4]. Комплекс зданий, примыкающий одной из сторон к порту, был центром по производству виски всей Британской империи. Выпускаемый объем алкоголя позволял предприятию отгружать продукцию во многие страны мира: сухопутным путем, благодаря завершению прокладки трансконтинентальной железнодорожной линии от Атлантического побережья до берега Тихого океана, и морским, после введения в действие системы каналов, построенной в обход порогов в бассейне Великих Озер и реки Святого Лаврентия. Этими постройками была обеспечена связь страны с любой точкой мира. Комплекс Дистиллери был сердцем промышленной зоны Старого Торонто до того времени, когда в Америке ввели «сухой закон». Вначале производство сократилось из-за снижения объемов поставок южному соседу, затем благодаря процессу индустриализации прекратилось вовсе. Этот процесс коснулся многих предприятий и к середине 20 века привел к частичному отмиранию ранее востребованных производств. Выжившие после модернизации производства обрели новые адреса, а некогда процветавший индустриальный городской район Торонто пришел в упадок и был предан забвению.

20 век превратил Торонто в самый крупный город Канады – столицу провинции Онтарио. Рост города требовал освоения новых территорий: были проложены новые транспортные магистрали, связавшие ранее обособленные районы городской центральной части и восточного района. По решению властей города заброшенный индустриальный район подлежал реконструкции. Территория бывшей промышленной зоны была частично расчищена благодаря сносу большей части, отживших свой век,

производственных корпусов за их ненадобностью и ветхостью, а комплекс Дистиллери подвергнут реставрации [5]. С исторической точки зрения, комплекс многочисленных зданий Дистиллери представляет собой редкий образец индустриальной архитектуры викторианской эпохи. Именно этот своеобразный колорит архитектуры позволил превратить прежний индустриальный центр в центр историко-культурный.

Комплекс, занимающий городской квартал, имеет четкую геометрическую застройку прямоугольной формы, вписывающуюся в структуру городских улиц [6]. Северная граница комплекса, прилегающая к основной транспортной магистрали между старым городом и восточным районом, сформирована сплошным вытянутым рядом складских строений с глухими стенами и, редко расположенными, воротами, которые раньше использовались для отгрузки товара. Южная сторона комплекса, как и прежде, примыкает к территории порта. Восточную и западную стороны фланкирует городская застройка. Основной осью структуры всего комплекса является протяженная широкая пешеходная улица ориентированная С-Ю, служившая своеобразной распределительной зоной между производствами. Свое начало она берет от проходной, завершается заводской площадью и разделяет территорию на две зоны: административную и производственную. Административная зона – это ряд трехэтажных корпусов, своими фасадами формирующая одну из сторон улицы (рис. 1).



Рис. 1. Бывшее административное здание (иллюстрация авторов)

С другой стороны расположены производственные корпуса с местными проездами, выходящими на ту же улицу своими торцами (рис. 2).



Рис. 2. Бывший производственный корпус (иллюстрация авторов)

Сегодня Комплекс Дистиллерии, сохранив свою территориальную целостность, считается одним из интересных мест в Торонто. Исторический образ квартала с разнообразной тематикой предлагаемых услуг, привлекает многочисленных туристов и жителей города. После реконструкции, направленной на сохранение исторического образа квартала, бывшие производственные корпуса, представители архитектура королевы Виктории, приобрели новое назначение [5]. В них открыты художественные выставки, арт- и фотогалереи, студии для музыкантов, танцоров, актеров и ремесленников. Была проведена работа по восстановлению части интерьеров там, где они органично воспроизводят ушедшую среду в соответствии с новым назначением помещений. Широким ассортиментом представлен общепит: это пафосные рестораны, ресторанчики, пиццерии, кофейни. Их число увеличивается в летнее время, с возможностью размещения на открытом воздухе (рис. 3).



Рис. 3. Летний ресторан (иллюстрация авторов)

Многочисленные бутики предлагают большой ассортимент промышленных товаров, включая известные бренды. На бывшей заводской площади разместилась концертная площадка. Здесь по воскресным и праздничным дням проходят бесплатные выступления певцов и оркестров. Вечером площадь превращается в танцпол. Рафинированность старой архитектуры смягчается дизайном среды, выдержанным в современном стиле [7]. Скамьи и цветники размещены небольшими группами на площадях и вдоль пешеходных путей. Часы, установленные на бывшей фабричной площади завершают ось своеобразных пропилей входа на территорию центра (рис. 4).



Рис. 4. Бывшая фабричная площадь (иллюстрация авторов)

Яркая самобытная среда с неповторимым колоритом периодически становится съемочной площадкой для кинематографистов. За последнее десятилетие здесь было снято около 800 картин. Благодаря этому кварталу Торонто стал третьим по величине центром кинематографии Северной Америки.

В системе современного города местоположение комплекса Дистиллери оказалось привлекательным для инвесторов [8]. Ряд достоинств – пешеходная доступность к центральной части города; существующие инженерные коммуникации и транспортная связь; освободившаяся территория бывшей промышленной зоны близ Дистиллери – эти три фактора в совокупности дали толчок в освоении этих площадей под новое строительство элитного жилья. Для сохранения колорита ушедшего времени, «вживить» новую архитектуру в старую удалось благодаря принятому решению использовать старые, но крепкие производственные корпуса в качестве наземных этажей нового строительства из стекла и бетона. В них, помимо входов в жилую часть здания, размещаются небольшие офисы, магазины, сувенирные лавки (рис. 5, 6).



Рис. 5. Старый производственный корпус в новом качестве (иллюстрация авторов)



Рис. 6. Старый производственный корпус в новом качестве (иллюстрация авторов)



Рис. 7. Новая застройка у границ Дистиллери (иллюстрация авторов)

Тем самым среда улиц вокруг Дистиллери имеет ту же тематику что и исторически-культурный центр. Объединяющей темой в архитектуре старых и новых построек является красный кирпич. С севера стены ряда многоэтажных жилых домов, возведенных от комплекса с другой стороны улицы, выполнены из того же материала. Их протяженные фасады являются фоном для небольшого по высоте комплекса. В противоположность северной застройке высотки, построенные в непосредственной близости к Дистиллери с восточной и западной стороны, практически полностью остеклены. Эти здания вносят яркий контраст своими размерами и видимой легкостью конструкций (рис. 7). Их светоотражающие стены создают своеобразный мираж, благодаря чему границы комплекса в этих двух направлениях растворились в городской застройке. Здания не только не подавляют, а наоборот подчеркивают монументальность

уникального кусочка промышленной архитектуры старого Торонто и являются связующими элементами между архитектурой комплекса викторианской эпохи и современной городской архитектурой 21 века.

Промышленный район кирпичного завода

Во второй половине 19 в. из-за переуплотнения жилой застройки «нижнего города», несмотря на сложный рельеф пересеченной местности, расширение городской территории велось на север. Специфические географические условия привели к расчлененной структуре города и образованию новых промышленно-селитебных районов. Одним из объектов новой промышленной зоны города стал Донский кирпичный завод (Don Valley Pressed Brick). Месторождение залежей высококачественной глины было открыто случайно на северной оконечности города в конце 19 века [9]. Восстанавливая забор на бумажной фабрике своего отца, Уильям Тейлор наткнулся на пласт глины. Обладавший проницательным умом бизнесмена, молодой человек решил проверить образец материала на возможность его использования в производстве кирпича. После подтверждения качества глины Тейлор с братьями, в северной части участка стал разрабатывать карьер, а на южном конце собственности у реки Дон был построен кирпичный завод Долинской долины. По мере развития бизнеса, компания стала производить три типа кирпича: «мягкого прессования», смесь глины и речной воды, «сухого прессования», в котором использовался добываемый сланец, и «жесткого прессования», смесь глины и сланца с меньшим количеством воды [1]. Компания была единственной в Канаде, производящей все три типа кирпича. Качество было настолько высоким, что выпускаемая продукция выигрывала призы на протяжении ста лет, начиная с ярмарки, в Чикаго спустя год после запуска производства и промышленной ярмарки в Торонто в 1984 году. После крупного пожара 1904 года, разрушившего большую часть центра города Торонто, производство кирпичей неуклонно наращивалось, частично в ответ на новые законы, которые запрещали использование в строительстве горючих строительных материалов. На пике производства компания выпускала до 25 миллионов кирпичей в год. Кирпич использовался в строительстве многих общественных зданий города. Кроме того, готовая продукция отгружалась вглубь на материк. Ураган «Хейзел» 1954 года, в частности его последствия в виде масштабного наводнения, стал решающим моментом в истории Долинского кирпичного завода. Карьер по добыче глины и прилегающие к нему овражные земли были частично затоплены, что привело к сокращению производства. К 1980-м годам большая часть пригодных для использования глины и сланца была добыта, и, несмотря на строительный бум, производство кирпичей прекратилось. Овражные земли природного парка города, включая район вокруг карьера, и заводская территория, длительное время переходили из рук в руки пока не пришли в упадок.

В 1991 г. канадская некоммерческая организация Эвергрин (Evergreen), основной целью которой является экологическое образование и установление связи между природой и человеком, взяла на себя управление по реконструкции всей территории Долинского кирпичного завода [10]. В 1995 году начались работы первого этапа реконструкции. Их целью было восстановление и благоустройство бывшей промышленной территории и внедрение ее в существующий ландшафт природного парка. Карьер был заполнен излишками грунта, полученных при закладке фундамента башни Scotia Plaza в центре Торонто и заполнен водой. Самый большой по объему, карьер стал отправной точкой в структуре будущего парка. Помимо этого была создана серия из трех ландшафтных прудов. На их берегах были посажены местные деревья, кустарники и полевые цветы (рис. 8). Оставшаяся площадь была превращена в полевые луга, являющиеся важной средой обитания местных животных и насекомых. Приток воды в пруды осуществляется через отводную трубу водой из ручья, протекающего с западной стороны Кирпичного завода. Вода, вытекающая из прудов через систему подземных каналов, протекает под Бейвью-авеню и попадает в реку Дон. Каналы обеспечили миграцию рыб из реки в пруды парка, пополнив тем самым виды ранее обитавших представителей фауны. Различные типы экосистем водно-болотных угодий обеспечивают среду обитания для многочисленных видов птиц, млекопитающих, пресмыкающихся, а также помогают очистить воду, которая

сбрасывается обратно в реку Дон. Парк, с богатым рельефом чередующихся низин, холмов и скалистой стеной северных карьеров прорезан прогулочными тропами, видовыми площадками, обустроенными местами отдыха. Лесными тропами он соединен с несколькими другими заповедными зонами и является частью более масштабных работ по восстановлению водораздела Донской долины.



Рис. 8. Благоустройство пруда (иллюстрация авторов)

Сегодня, Парк Донской долины является флагманским местом реставрации, обеспечивающим важнейшую естественную среду обитания для различных видов флоры и фауны [11]. Этот всемирно известный общественный парк, расположенный в центре водораздела Нижнего Дона, является одним из самых ценных парков окружающей среды города Торонто. Трансформация бывшего участка каменоломни превратила его не только в природный заповедник, он стал частью культурно-просветительского центра с акцентом работы на связь окружающей среды с человеком.

Второй этап работ заключался в реконструкции уцелевших зданий бывшего производственного комплекса и преследовал две цели: адаптивное повторное использование, при котором большинство зданий должны были быть переоборудованы для осуществления новых программ; сохранение построек в исторической целостности, как «Кирпичный завод Донской долины» [5]. Для этого кирпичная кладка зданий по возможности была сохранена. Были заменены устаревшие конструкции, укреплены и частично отреставрированы фасады сохранившихся корпусов и хозяйственных построек завода. Восстановлена единственная из четырех дымовых труб, разрушенных во время войны (рис. 9, 10).



Рис. 9. Старый производственный корпус с восстановленной трубой (иллюстрация авторов)



Рис. 10. Старые производственные корпуса (иллюстрация авторов)

Отреставрированные здания включают в себя классные комнаты, специализированные центры, офисные помещения для экологических организаций. В оболочке старых стен современные интерьеры помещений соответствуют всем нормам безопасности жизнедеятельности (рис. 11).



Рис. 11. Современный интерьер (иллюстрация авторов)



Рис. 12. Интерьеры старых корпусов
с фрагментами оборудования
(иллюстрация авторов)



Рис. 13. Интерьеры старых корпусов
с фрагментами оборудования
(иллюстрация авторов)

Бывший производственный комплекс – это часть корпусов, связанных между собой переходами. Их внутренние пространства предполагают проведение мероприятий с привлечением значительного количества людей [7]. В двух зданиях были частично сохранены интерьеры бывшего производства со всем оборудованием, здесь же фотографии на стенах знакомят посетителей с историей завода (рис. 12, 13). Их основное назначение – проведение всевозможных выставок, семинаров, затрагивающих тему природных ресурсов. Несколько зданий, входящих в комплекс оставили без крыш с обнаженными стальными фермами. Их внутренние пространства, являясь частью общей структуры, используются в летнее время для проведения семинаров под открытым небом, как садовый центр, выполняют роль рекреаций и мест проведения торжеств (рис. 14).

Эвергрин не только отреставрировал несколько существующих структур, но построил одно новое здание, известное как «Центр Зеленых Городов». Следуя своей программе по связи природы, культуры и общества, эта организация создала крупный образовательный центр, который рассчитан и на детей, и на взрослых. Доступный с 2010 года образовательный центр в составе Парка Донской долины предоставляет жителям города возможность проводить время досуга в соответствии с их запросами.



Рис. 14. Рекреационная зона (иллюстрация авторов)

Заключение

Итак, как показывают примеры района Distillery (Дистиллери) и Don Valley Brickworks (Кирпичный Завод Долины Дон), расположенных в Торонто, интеграция исторической архитектуры, переопределение ее изначального назначения в функции более адекватные современным требованиям, не только возможно, но и эффективно. В результате такого подхода у здания появляется вторая жизнь, у бизнесов – новый дом, а у следующих поколений – возможность вживую увидеть историю.

Список библиографических ссылок

1. Агафонов Н. Т., Ахобадзе Д. Т., Белова Е. Г. Экономические методы регулирования развития крупных городов. Л. : Наука, 1990. 180 с.
2. История Торонто. URL: <https://www.toronto.ca/explore-enjoy/history-art-culture/museums/virtual-exhibits/history-of-toronto> (дата обращения: 24.10.2018).
3. Глазычев В. Л. Урбанистика. М. : Европа, 2008. 220 с.
4. Наследие Района Дистиллери. Distillery District Heritage Site. URL: <http://distilleryheritage.com/> (дата обращения: 24.10.2018).
5. Щенков А. С. Архитектурное наследие на рубеже 20-21 веков: Проблемы реставрации и охраны наследия. М. : Издание 2 URSS, 2014. 144 с.
6. Район Дистиллери. URL: <https://www.blogto.com/distillery/> (дата обращения: 24.10.2018).
7. Михайлов С. М. История дизайна. Том 1. М. : Союз дизайнеров России, 2002. 279 с.
8. Район Дистиллери, Торонто. URL: <http://www.thedistillerydistrict.com> (дата обращения: 24.10.2018).
9. Краткая история Кирпичного Завода в Долине Дона. URL: https://www.blogto.com/city/2012/07/a_brief_history_of_the_don_valley_brick_works (дата обращения: 24.10.2018).
10. Эвергрин. Кирпичный Завод. URL: <https://www.evergreen.ca/evergreen-brick-works> (дата обращения: 24.10.2018).
11. Скрытое от глаз сокровище – Супер парк в Долине Дона, Торонто. URL: <https://www.theglobeandmail.com/news/toronto/a-superpark-hides-in-torontos-don-valley-waiting-to-be-discovered/article29648565/en> (дата обращения: 24.10.2018).

Chebinev Aleksandr Ivanovich

professor

E-mail: art.sasha.i@yandex.ru**Chebineva Elena Vasilevna**

senior lecturer

E-mail: chebineva@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Butkevich Nikita Mikhailovich

architect

E-mail: archinik07@gmail.ru**MBU Institute «Kazgrazhdanproekt»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Dostoevsky st., 1

Reconstruction of urban industrial areas**Abstract**

Problem statement The purpose of the study is to study the prerequisites and stages of the economic development of Canada. Influence of geographical conditions on the formation of industrial zones and the specifics of their production

Results. The main results of the study revealed the circumstances that led to the decline of prosperous industries, as well as the principles of their integration into modern development.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture lies in the fact that the preservation of the historical heritage in a different quality provided the city with economic benefits and aesthetics of the environment, and the population has new leisure centers.

Keywords: the formation of industrial zones of the city, the specificity of their production, preservation of the historical heritage objects in a new capacity.

References

1. Agafonov N. T., Akhobadze D. T., Belova E. G. Economic methods of regulating the development of large cities. L. : Nauka, 1990. 180 p.
2. The History of Toronto. URL: <https://www.toronto.ca/explore-enjoy/history-art-culture/museums/virtual-exhibits/history-of-toronto> (reference data: 24.10.2018).
3. Glazychev V. L. Urbanistics. M. : Evropa, 2008. 220 p.
4. Distillery District Heritage. Distillery District Heritage Site. URL: <http://distilleryheritage.com> (reference data: 24.10.2018).
5. Schenkov A. S. Architectural Heritage at the turn of 20-21 centuries: problems of restoration and heritage protection. M. : Izdaniye 2 URSS, 2014. 144 p.
6. Distillery District. URL: <https://www.blogto.com/distillery> (reference data: 24.10.2018).
7. Mikhailov S. M. The history of design. Volume 1. M. : Souz duzainerov Rossii, 2002. 279 p.
8. Distillery District Toronto. URL: <http://www.thedistillerydistrict.com> (reference data: 24.10.2018).
9. A brief history of Done Valley brick works. URL: https://www.blogto.com/city/2012/07/a_brief_history_of_the_don_valley_brick_works (reference data: 24.10.2018).
10. Evergreen Brick works. URL: <https://www.evergreen.ca/evergreen-brick-works> (reference data: 24.10.2018).
11. A super park hides in Toronto's Don Valley, waiting to be discovered. URL: <https://www.theglobeandmail.com/news/toronto/a-superpark-hides-in-torontos-don-valley-waiting-to-be-discovered/article29648565/en> (reference data: 24.10.2018).



УДК 712.1

Мотова Юлия Олеговна

дизайнер городской среды

E-mail: juliamot@mail.ru

ТООО «Союз дизайнеров России»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Кулеева Ляйля Муратовна

кандидат архитектуры, профессор

E-mail: la_mur@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Особенности современных приемов формирования набережных

Аннотация

Постановка задачи. В статье анализируются функционально-градостроительные освоения территории набережных, выявляются особенности формирования рекреационных форм территории набережных, предлагаются предложения функционально-планировочной организации.

Результаты. Основным результатом исследования является выявление основных приемов организации набережных. В современной практике характерно использование новых технологий и материалов, которые привлекают людей своей эстетикой и необычными возможностями времяпрепровождения на набережных.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении особенностей организации территории набережной, интеграции в городскую среду. Рассматривается разнообразие возможностей организации среды. Для создания комфортной среды на территории набережных учитываются такие факторы как: транспортная доступность и пешеходная безопасность, функциональное расположение объектов, грамотное расположение систем освещения и озеленения, создание единой среды, вдоль всей территории с сохранением природного и экологического баланса.

Ключевые слова: набережная, пространственная среда, благоустройство, рекреационная зона, прибрежная территория, общественное пространство.

Введение

Издrevле люди предпочитали селиться вблизи водоемов: рек, озер морей т. к. вода-источник жизни. Часто водное пространство проходит сквозь весь город, разделяя его на две части, и тогда набережная располагается на двух берегах, бывает, что река огибает город вокруг или проходит вдоль. Большое значение для города имеют набережные, так как являются местом массового отдыха. Набережные могут находиться в разной среде, но функциональная организация может быть решена для всех, а именно, включать в себя такие функции как порт, пляж, место парковок, транзитная зона, рекреация. Организация рекреационной зоны может располагать рядом функций, а именно смотровыми, детскими и спортивными площадками, информационными стендами, павильонами, открытыми кинотеатрами, помещениями проката, гостиницами, объектами арт-искусства, скамьями-качелями, аттракционами, ландшафтными насаждениями и парковыми зонами. Так же в рекреационной зоне может быть организована точка питания для большего времяпрепровождения.

Этапы формирования набережных

Перед началом работ по реализации мероприятий по комплексному благоустройству прибрежных территорий выполняется градостроительный анализ территории проектирования. В этой связи территорию проектирования необходимо рассматривать с позиции ее градостроительных, правовых и природных характеристик. Для выяснения характеристик участков, установлены параметры рассмотрения прибрежных территорий, учет которых необходим при определении границ участков комплексного благоустройства

и состава оптимального и минимально необходимого набора элементов благоустройства: покрытий, малых архитектурных форм, некапитальных объектов и др. Эти характеристики определяют параметры рассмотрения набережных, что позволяет установить отличия и специфику каждого типа прибрежной территории и сформулировать требования к комплексному благоустройству [1].

Комфорт и безопасность прибрежных территорий обеспечиваются:

- созданием условий для повседневного отдыха жителей;
- обустройством велотранспортной инфраструктуры с формированием безопасных, скоординированных велопешеходных связей;
- созданием доступной среды для маломобильных групп населения, к которым можно отнести не только людей с инвалидностью, но и детей, родителей с колясками, а также другие группы населения, испытывающие трудности при передвижении в городской среде;
- размещением спортивных, детских площадок, площадок для отдыха населения, выгула собак, установки мусоросборников и др.

Комплексное благоустройство набережных предполагает:

- организацию комфортного доступа к объектам, расположенным в рекреационных зонах;
- создание комплексных общественных пространств, предназначенных для организации досуга и общения, устройства выставок, экспозиций, презентаций и других видов активностей;
- создание условий для временной парковки личного автотранспорта посетителей;
- организацию комфортной визуальной среды для кратковременного повседневного отдыха населения и др. [2].

При проведении работ по благоустройству прибрежных территорий необходимо принимать во внимание функциональное назначение земельного участка, наличие мест обитания и произрастания ценных природных объектов. При производстве работ следует использовать материалы естественного происхождения, исключить запечатывание почвы и устройство новых дорог вне существующей дорожно-тропиночной сети [3].

Включение набережных в городскую среду

Проблема городов в том, что, в большинстве случаев, отсутствуют центры отдыха и развлечений, прогулочные зоны, не развита набережная территория. Как следствие, люди переезжают в более развитые районы. Чтобы решить эту проблему надо облагораживать территорию, создавать парки, скверы, благоустраивать набережные.

Функциональность набережных должна удовлетворять интересам всех социальных и возрастных групп населения.

В современном мире все более актуальной становится проблема обустройства набережных. Набережная является лицом города, она подчеркивает его индивидуальность, создаёт благоприятные условия для пешеходов. Пространство набережной способно предложить, визуальный, звуковой комфорт, стать площадкой для активного и здорового отдыха горожан всех возрастов.

Набережная всегда привлекала различные группы населения, а для поддержания посещения следует облагораживать данные территории.

В современной практике характерно использование новых технологий и материалов, которые привлекают людей своей эстетикой и необычными возможностями времяпрепровождения на набережных. К примеру, вечернее освещение, которое увеличивает время пребывания на набережной, может играть роль ориентира движения по территории. Покрытие на набережной может быть выполнено в дереве, камне, бетоне, асфальте. Только после правильного выбора цветов и фактур материалов можно приступить к созданию стилистической концепции набережной. В ней должна быть гармония ландшафтного дизайна, экстерьера и интерьера строений. Необходимо отдавать предпочтение долговечным материалам, которые пригодны для прибрежной среды и потребуют минимального обслуживания. Дерево может использоваться в малых архитектурных формах, а именно в разных типах сидений и скамеек, навесов и пергол [4].

В современном решении малые формы не выглядят как самостоятельные изделия, они могут включаться в сценарий пространства, сливаясь с природой. Также стоит принимать во внимание масштаб набережной. К примеру, на небольших городских набережных следует ограничить площадь зданий, строений, территорий автомобильных парковок, расположенных на ней.

Учитывая сезонные и погодные условия, следует устанавливать навесы. В зимнее время года пространство набережной можно использовать под каток.

Основным критерием набережной является создание комфорта и безопасности для пешеходов и велосипедистов. Организовывая веломаршруты, необходимо продумать расположение пунктов проката и велопарковок. Необходимо учитывать особенности и маломобильных групп населения, к примеру, устанавливать пандусы с безопасным уклоном.

Разделение набережной по зонам поможет в ориентации в пространстве. К примеру, выделить отдельно места для активного отдыха и пассивного. Спорт или детские площадки организовывать отдельно от мест автопарковок, павильонов, кафе, магазинов. Во входной зоне, которая является местом встречи, устанавливать точку информации об инфраструктуре набережной.

Так же может быть организован дополнительный выход к воде в виде плавучих платформ, которые стали успешно применяться сравнительно недавно. На них можно располагать кинотеатры на воде, а также использовать как сцену, при проведении городских праздников, фестивалей и т.п.

При создании комфортного пространства озеленение может играть немаловажную роль, так как оно может использоваться как шумовой или визуальный барьер от городского шумового воздействия.

Развитие набережных с каждым годом все заметнее, так как при создании используются все более новые материалы.

При правильном выборе оформления набережной, может организоваться гармоничное пространство для отдыха. Если есть некоторые недостатки ландшафта, то их вполне можно скрыть при помощи соответствующих подходов к отделке. Прежде всего, ярко проявляется отсутствие четкого разделения транспортного и пешеходного потоков, так как сказывается дефицит тротуаров или их чрезмерная зауженность, а так же наличие разнообразных препятствий, ограничивающих передвижение людей. Говоря о препятствиях, хочется, помимо очевидных примеров вроде мачт освещения, остановок и киосков, вспомнить организованные или стихийные парковки, нередко встречающиеся на пути движения пешеходов и вынуждающие их выходить на проезжую часть. Наиболее же вопиющий пример в данном случае это размещенные у набережных автозаправки, которые можно обойти только по полосе движения автотранспорта. При этом важно понимать, что у разных категорий населения разные требования к комфорту и безопасности. Например, наличие в структуре пешеходных связей столбиков и ограждающих конструкций, а также отсутствие пандусов и тактильных покрытий могут являться препятствием для представителей маломобильных групп. Немаловажной проблемой является недостаточность или отсутствие утилитарного освещения на набережных. Комплексный подход к вопросу освещения позволил бы проявить архитектурную композицию пространства, создать безопасную и привлекательную среду в темное время суток [5].

В настоящее время набережные по большей части отданы интенсивному автомобильному движению. Как следствие, они практически не располагают объектами притяжения людей, площадками для отдыха и проведения массовых мероприятий. В то же время потребность в рекреационных и общественных пространствах на набережных чрезвычайно высока и подтверждением тому являются попытки жителей города самостоятельно осваивать прибрежные территории. Но основной проблемой является то, что это, в свою очередь, приводит к стихийной организации детских площадок, мест для выгула и дрессировки собак, площадок для отдыха, выглядящих непривлекательно и небезопасно.

В наши дни к вопросу благоустройства прибрежных территорий уделяется большое внимание. На сегодняшнем этапе развития общества акценты смещаются в сторону создания устойчивой системы, при которой главным становится необходимость сохранения природного и экологического баланса. Также смещаются приоритеты в проектировании в сторону создания комфортной среды для пешеходов и велосипедистов.

Важность транспортной и промышленной функций при этом уменьшается, на первый план выходит рекреационное значение набережных. Обеспечивается проницаемость территорий и улучшается связь прилегающих территорий с рекой.

Примером этому является ряд проектов, реализованных в последние несколько лет. Крымская набережная становится продолжением 10-километровой пешеходной и велосипедной зоны, берущей начало на Воробьевых горах. На месте шоссе появляется ландшафтный парк с транзитно-спортивным функционалом. Традиционная зона вернисажа художников при этом сохраняется в специально выстроенных павильонах [6].



Рис. 1. Крымская набережная до реконструкции, 2012 г.
(источник: <http://neuspechnyartist.blogspot.com/2013/04>)

Реконструкция Крымской набережной полностью изменила существующий ландшафт (рис. 1-2). С территории выведено движение транспорта и создана рекреационная зона, являющаяся логическим продолжением Пушкинской набережной Парка Горького. Комплексное благоустройство затронуло все пространство Крымской набережной: сформирована пешеходная сеть, высажены деревья, размещены малые архитектурные формы. В результате проведенных работ по комплексному благоустройству набережная приобрела новый вид и стала комфортной для жителей, что подтверждается большим количеством посетителей не только в выходные дни, но и будни [7].



Рис. 2. Крымская набережная, 2013 г.
(источник: <http://wowhaus.ru/urbanistics/crimea-quay.html>)

До реконструкции Крымская набережная была типичным постсоветским общественным пространством: стихийная торговля, парковка, транспорт, заброшенность. Она была мало пригодна как для прогулок, так и для проезда.

В то же время при реконструкции набережных не забыты лучшие идеи, примененные в парковых набережных в 1930-х гг. Одна из них это создание условий для максимального контакта человека с водной гладью. Сегодня это решается с помощью современных архитектурно-художественных средств, такими как: устройством пляжей-соляриев, летних кафе и площадок для общественных мероприятий. История развития приречных территорий показывает как менялось отношение людей к ним, от потребительского, когда все природные ресурсы нещадно эксплуатировались, к созидательному, с осознанием необходимости сохранения и формирования устойчивой среды, которая позволит использовать эти территории без ущерба для экологии и сберечь их для будущих поколений [3].

Отечественный и зарубежный опыт

Индустриальная эпоха оставила обширное негативное наследие: деградировавшие природные ландшафты в прибрежной зоне, заброшенные портовые и промышленные здания и сооружения, невозможность доступа людей к водным поверхностям.

В мировой практике вопросам регенерации прибрежных территорий и «возврата» реки жителям уделяется большое внимание. При формировании общественного пространства набережных принимаются во внимание такие факторы, как расположение в городской среде, поток движения, соответствует ли набережная с точки зрения удобства для всей группы пользователей, возможно ли осуществлять ее в эксплуатацию. С целью реализации комплексного подхода к благоустройству прибрежных территорий в ряде стран разработаны стандарты благоустройства.

Значимой составляющей зарубежных стандартов является грамотное определение пространственных границ набережной, которая включает прилегающие улицы, связанные с ней визуально. В стандартах благоустройства различных стран существуют конкретные отличия в создании профиля, однако связывает их одно это формирование общественных пространств, которые комфортны для людей [8].

Следующим шагом к проектированию прибрежных территорий является определение набора элементов, используемых при благоустройстве, в зависимости от типа набережной. Выделяют следующие группы: мощение, осветительная функция, озеленение, малые архитектурные формы, нестационарные павильоны и пр. Требования к покрытиям едины, они должны быть эстетичными, отвечать экологическим требованиям, безопасными для маломобильных групп населения, практичными. Средства озеленения являются одной из важнейших составляющих формирования внешнего архитектурно-художественного облика города [9].

Целями разработки всех изученных зарубежных стандартов являются создание комфортной безопасной среды, формирование общественных пространств, приближенных к природе, организация зеленого коридора вдоль береговой линии и взаимосвязей с другими территориями. Стандарты зарубежных стран не являются набором готовых решений для проектирования. Они определяют основные подходы и принципы проектирования комплексного благоустройства прибрежных территорий.

Стандарты благоустройства основываются на формировании среды набережной, учитываются элементы благоустройства для усовершенствования территории. Зарубежные государства базируются на четком зонировании поперечного профиля и включают требования к минимальному набору элементов [10].

Отечественный опыт комплексного благоустройства сегодня развивается в двух направлениях: практическом и теоретическом. Практический опыт включает в себя разработку и реализацию проектов комплексного благоустройства отдельных территорий. При этом довольно часто встречаются реализованные проекты, выполненные на хорошем уровне, с применением высококачественных материалов, но при этом благоустройство может не отвечать требованиям комфорта и безопасности.

Сравнивая накопленный отечественный и международный опыт, можно констатировать, что в настоящее время мы отстаем в части развития инструментов

стандартизации и реализации новых подходов в области комплексного благоустройства набережных и прибрежных территорий.

Заключение

В настоящее время существует проблема развития благоустройства территорий набережных. В основу приоритета прибрежные территории отдаются транспорту, в то время как существует необходимость в улучшении среды набережных зон. Обзор исторического формирования территории набережных показал, что во все периоды изменялись функции набережных. В настоящее время вместе с сохранением традиционных функций приоритетное и наиболее масштабное значение приобрели общественная и экологическая функции. Комфортная среда на набережных создается благодаря работе над планировочной структурой, дизайном, учитывая потоки транспорта и пешеходов.

Список библиографических ссылок

1. Денисов М. Ф. Набережные. М. : Стройиздат, 1982. С. 20–21.
2. Ефимов А. В. Дизайн архитектурной среды. М. : Архитектура-С, 2006. 302 с.
3. Белов А., Левицкая А. Альбом типовых решений по комплексному благоустройству набережных Москвы-рек. М. : Типография «АВТ Групп», 2016. С. 29–30.
4. Моро Э. Благоустройство городских набережных. М. : Кб стрелка, 2011. 16 с.
5. Кубенский Э., Острогорский А., Ликин Д., Шапиро О., Фадеева М., Игнатушко М., Wowhaus 2007-2016 // Tatlin mono. 2016. № 47 (53). С. 118–120.
6. Крымская набережная // Wowhouse.ru : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <http://wowhaus.ru/urbanistics/crimea-quay.html> (дата обращения: 10.09.2018).
7. Общественные пространства // the-village.ru : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/public-space/288836-tsvetnik-na-naberezhnoy> (дата обращения: 05.09.2018).
8. McDonald E. Urban Waterfront Promenades. L. : Routledge. 2017. 230 p.
9. Малые архитектурные формы // totalarch.com : электронный журнал. 2013. URL: <http://landscape.totalarch.com/node/26> (дата обращения: 01.10.2018).
10. Andersson T. Waterfront Promenade Design: Urban Revival Strategies. N-Y. : The Publishing Group. 2018. 98 p.

Motova Julia Olegovna

urban designer

E-mail: juliamot@mail.ru

TDPO «The Union of Designers of Russia»

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kuleeva Lyailya Muratovna

candidate of architecture, professor

E-mail: la_mur@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Features of modern methods of forming embankments

Abstract

Problem statement. The article analyzes the functional urban development of the embankments, identifies features of the formation of recreational forms of the embankments, offers suggestions of the functional planning organization.

Results. The main result of the study is to identify the main methods of organizing embankments. In modern practice, characterized by the use of new technologies and materials that attract people with their aesthetics and unusual possibilities of spending time on the embankments.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture is in determining the characteristics of the organization of the embankment zone, integration into the urban environment. Considered a variety of opportunities for the organization of the environment. To create a comfortable environment on embankments, such factors as transport accessibility and safety of pedestrians, functional location of objects, proper arrangement of lighting and landing systems, creation of a unified environment throughout the territory while maintaining natural and ecological balance are taken into a balance.

Keywords: embankment, spatial environment, landscaping, recreation area, coastal zone, public space.

References

1. Denisov M. F. Waterfront. M. : Stroyizdat, 1982. P. 20–21.
2. Efimov A. V. Design of the architectural environment. M. : Architecture-C, 2006. 302 p.
3. Belov A., Levitskaya A. Album of typical solutions for the comprehensive improvement of the embankments of the Moscow River. M. : «AVT Group» Printing House, 2016. P. 29–30.
4. Moreau E. Improvement of urban embankments. M. : KB Strelka, 2011. 16 p.
5. Kubensky E., Ostrogorsky A., Likin D., Shapiro O., Fadeeva M., Ignatushko M., Wowhaus 2007-2016 // Tatlin mono. 2016. № 47 (53). P. 118–120.
6. Krymskaya Embankment // Wowhouse.ru: daily Internet ed. 2017. URL: <http://wowhaus.ru/urbanistics/crimea-quay.html> (reference date: 09.10.2018).
7. Public spaces // the-village.ru : weekly. Internet ed. 2017. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/public-space/288836-tsvetnik-na-naberezhnoy> (reference date: 05.09.2018).
8. McDonald E. Urban Waterfront Promenades. L. : Routledge. 2017. 230 p.
9. Small architectural forms // totalarch.com : electronic journal. 2013. URL: <http://landscape.totalarch.com/node/26> (reference date: 10.01.2018).
10. Andersson T. Waterfront Promenade Design: Urban Revival Strategies. N-Y. : The Publishing Group. 2018. 98 p.

УДК 725.9

Рачкова Ольга Георгиевна

старший преподаватель

E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Махмутов Артур Эмильевич

архитектор

Архитектурное бюро «HEADS GROUP»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Хади Такташ, д. 78

Влияние климатических факторов на формообразование вертикальных теплиц в составе научно-производственного растениеводческого комплекса (НПК) г. Тюмени

Аннотация

Постановка задачи. Цель работы является исследование влияния климатических факторов на формообразование и объемно-планировочное решение вертикальных теплиц, входящих в состав научно-производственного растениеводческого комплекса (НПК), оптимизации получаемой солнечной энергии поверхностями ограждений и расчет необходимого искусственного освещения площадей теплицы.

Результаты. На основе проведенного исследования и экспериментального проектирования построена оптимальная форма вертикальной теплицы, найдена конструкция формообразующего наружного ограждения, способствующая максимальному пропусканию солнечной энергии. Получены значения дозированной дополнительной освещенности растений, необходимой для их роста.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в создании нового типа производственного сооружения, вертикальной теплицы, с учетом климатических особенностей г. Тюмени, решенной в современной архитектурной стилистике и способной обогатить общую пространственную композицию комплекса в целом.

Ключевые слова: научно-производственные растениеводческие комплексы, вертикальная теплица, климат, солнечная радиация, искусственное освещение, ограждающие конструкции.

Введение

Районы Западной Сибири, а именно территория г. Тюмени, относится к категории рискованного земледелия. Обеспечение населения во внесезонный период растениеводческой продукцией требует строительства не только открытых, но и закрытых тепличных сооружений. Для решения данной задачи были проведены комплексные исследования в области структурной организации растениеводческих предприятий для нового строительства, с разработкой принципов и научно обоснованных рекомендаций по их рациональному размещению, объемно-пространственной организации и с учетом влияния климатических факторов [1-3].

Территория НПК комплекса подбиралась исходя из признаков его специализации – на землях пригодных для производства растениеводческой продукции и в планировочной территориальной увязке с селитебными районами города. В основу генерального плана были положены аспекты технологических, инженерно-технологических требований и создания единого архитектурного ансамбля с учетом природно-климатических, ландшафтно-геологических и других местных условий.

Анализ климатических характеристик г. Тюмени

Климат г. Тюмени близок к резко-континентальному, климатический подрайон 1В, с резкой сменой погоды. Осадков выпадает 480 мм в год, в летний период. Климатические характеристики г. Тюмени приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели по климату г. Тюмени

Широта с.ш.	Показатели	Количественная характеристика	Примечание
57°	Среднемесячная температура воздуха в январе	–16,6°С	от –14,6°С до –28°С
	Минимальная температура в январе	–49,2°С	Декабрь 1958 г.
	Скорость ветра в январе	3,9 м/с	
	Среднемесячная температура воздуха в июле	+18,6°С	от +12°С до +21°С
	Скорость ветра в июле		
	Относительная влажность в июле %	58	
	Осадки в год мм	480	
	Продолжительность солнечного сияния часов в год	2017	

Рассмотрев основные климатические параметры города, был выявлен один из главных, при проектировании НПК – солнечная радиация, которая особенно влияет на рост и развитие растений. Для территории Тюмени характерна большая продолжительность солнечного сияния – 2017 часов в год. Анализ показателей солнечной радиации проводился по данным многолетних наблюдений, приведенных в приложении 5 СНиП 2.01.01-82, с учетом попадания излучения на горизонтальную, вертикальную поверхности объекта и ориентации на южную, западную и восточную часть света. При рассмотрении кривых прямой и рассеянной радиации между ними имеются количественные отличия в интенсивности облучения, что необходимо учитывать при расчетах.

Выращивание растений, рассады, овощей в открытом грунте в Тюмени возможно только в летнее время. Для круглогодичного выращивания необходимы закрытые сооружения – теплицы, в которых будут обеспечены необходимые климатические условия внутренней среды (температура, влажность, воздуха, полив, естественное освещение) и, в зависимости от времени года, дополнительное досвечивание, особенно в ночное время года, согласно «Рекомендациям по проектированию теплиц для Сибири и Дальнего Востока» (табл. 2).

Таблица 2

Периоды естественного и комбинированного облучения

Широта с.ш.	Зона	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58°-54°	7	С	С	Е	Е	Е	Е	Е	Е	Е	С	С	С

Примечание:

Е – естественная облученность; С – комбинированное естественное и искусственное облучение.

Результаты анализа радиационного режима г. Тюмени подтверждают, что естественная облучаемость поверхностей теплиц возможна с марта по сентябрь, в осенне-зимний период, с октября по февраль, необходимо естественное плюс искусственное облучение.

Моделирование объема теплицы и расчет освещенности ее поверхностей

Наиболее перспективными теплицами в городской среде, являются «Вертикальные фермы» или теплицы. Такая экспериментальная вертикальная теплица была запроектирована, входящей непосредственно в состав главного корпуса научно-производственного комплекса. Теплица имеет непосредственную связь с научными, экспериментальными блоками главного корпуса, аудиториями для студентов, обучающихся растениеводству и принимающих участие в исследовательских научных работах (рис. 1).

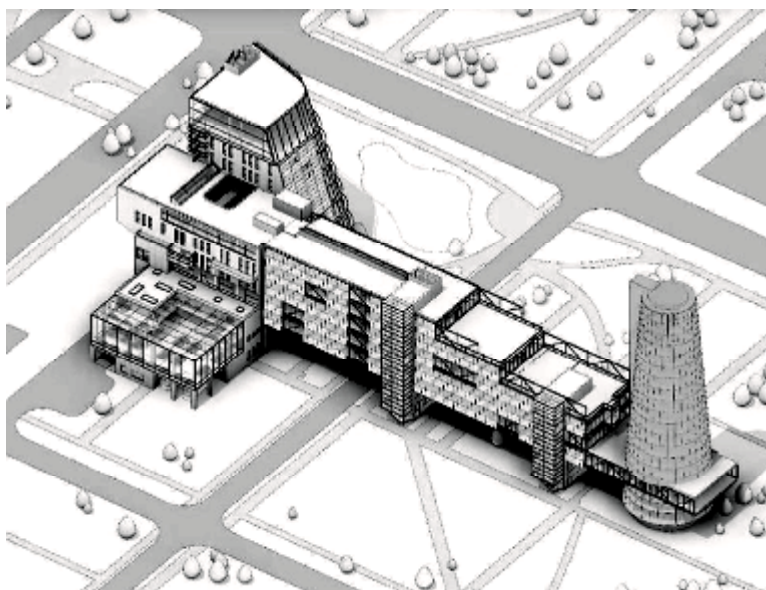


Рис. 1. Объемно-пространственное решение главного корпуса НПК:
1 – научно-исследовательский блок; 2 – учебный блок; 3 – вертикальная теплица
(иллюстрация авторов)

Вертикальная теплица запроектирована круглой формы, получая возможность максимального облучения солнечной радиацией со всех сторон, а наклонные, светопрозрачные плоскости наружного ограждения, расположены под таким углом, чтобы получать и пропускать на горизонтальную поверхность этажей максимальное количество солнечной радиации [4, 5]. Для экспериментальных расчетов построены геометрические модели вертикальной теплицы для трех характерных месяцев – декабрь, сентябрь и июль (рис. 2).

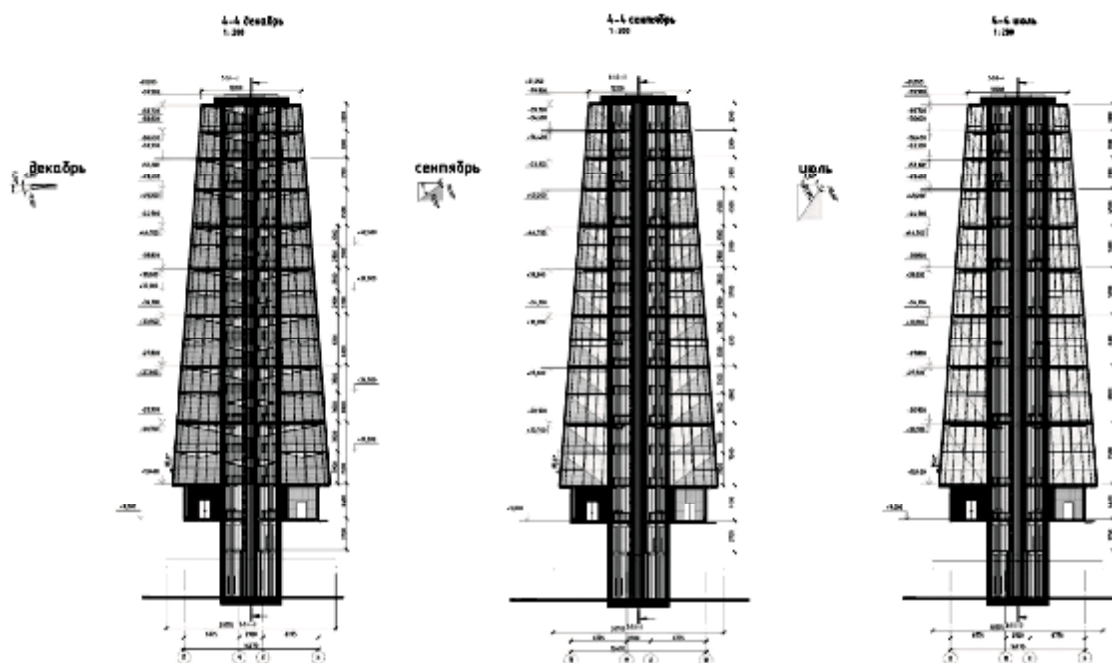


Рис. 2. Схемы построения глубины башни теплицы:
1 – для 22 декабря; 2 – для 22 сентября; 3 – для 22 июля (иллюстрация авторов)

Для дальнейших исследований и расчетов по нормативным источникам были выявлены координаты солнца для 57° с.ш. С помощью программного комплекса RWD

Grasshopper и плагина Ladybug, созданы модели небосвода для загрузки карт erw на территории г. Тюмени (рис. 3-5). В табл. 3 приводятся данные к расчету энергии, приходящейся на м² наружных панелей ограждения вертикальной теплицы (15 декабря, 15 сентября и 15 июля) [6].

Таблица 3

Количество солнечной энергии приходящейся на наружное ограждение теплицы

№ панели	Сумма на 15 декабря kWч м ² день	Сумма на 15 сентября kWч м ² день	Сумма на 15 июля kWч м ² день
0	0,125149	0,74969	1,439953
20	0,125134	0,767097	1,547251
40	0,125860	0,808882	1,759108
60	0,127929	0,880560	2,041605
80	0,137175	0,987770	2,410012
100	0,179778	1,117624	2,778890
120	0,288497	1,246946	3,132972
140	0,456055	1,373191	3,445450
160	0,687569	1,501309	3,707331
180	0,957568	1,652990	3,932053
200	1,214199	1,818841	4,083475
220	1,427948	2,002249	4,156302
240	1,581122	2,191785	4,146535
260	1,665124	2,351085	4,070956
280	1,682186	2,459463	3,988537
300	1,639245	2,512800	3,899900
320	1,535421	2,513046	3,810775
340	1,366156	2,461465	3,712980
360	1,135872	2,360768	3,604766
380	0,861615	2,221961	3,451991
400	0,588418	2,052591	3,308233
420	0,374001	1,860089	3,132280
440	0,232278	1, 656909	2,955219
460	0,163064	1,445232	2,743774
480	0,139165	1,230127	2,510541
500	0,131328	1,030629	2,257255
520	0,127761	0,875132	1,990366
540	0,126373	0,796142	1,749263
560	0,125632	0,758109	1,551296
580	0,125 341	0,747299	1,442612

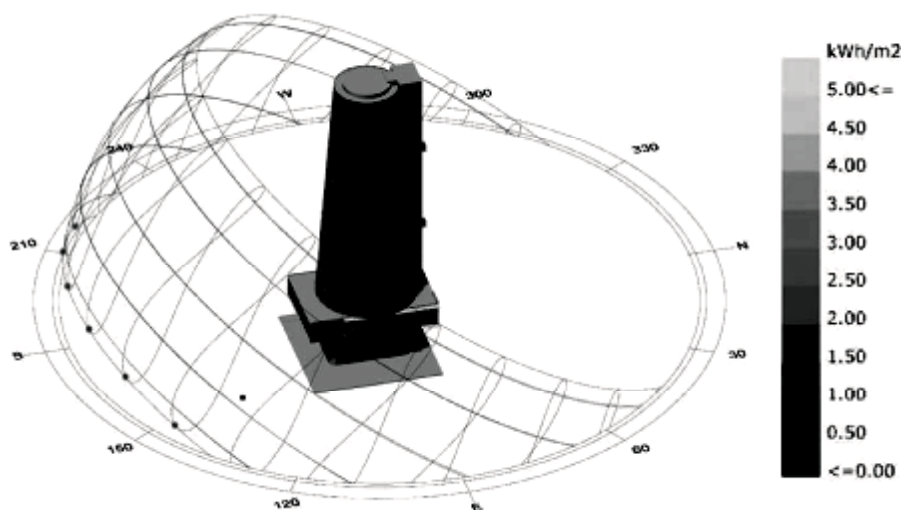


Рис. 3. Графический расчет солнечной энергии на 15 декабря (иллюстрация авторов)

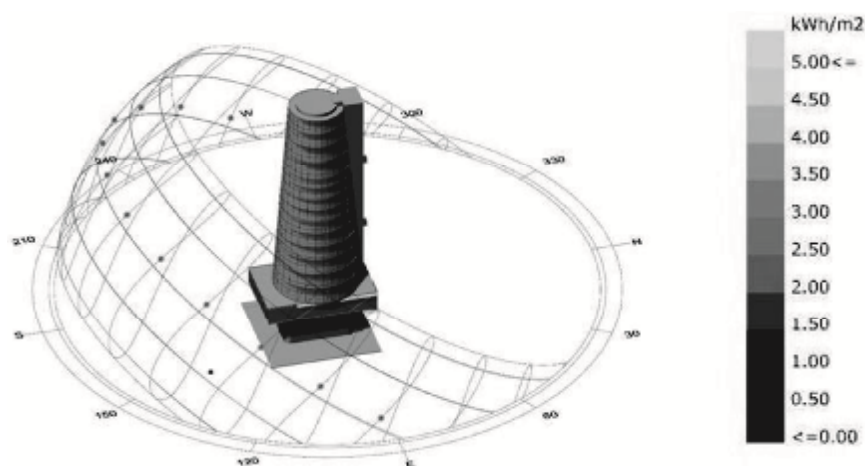


Рис. 4. Графический расчет солнечной энергии на 15 сентября (иллюстрация авторов)

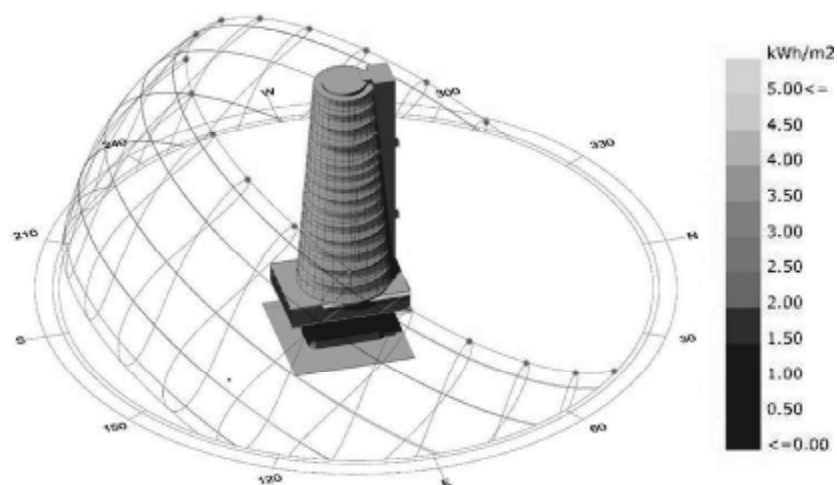


Рис. 5. Графический расчет солнечной энергии на 15 июля (иллюстрация авторов)

По полученным данным, солнечной энергии приходящейся на м^2 ограждения вертикальной теплицы, необходимо рассчитать количество энергии проходящей внутрь сооружения, принимая соответствующую конструкцию светопрозрачного ограждения [7, 8].

Выбор конструкции наружного ограждения теплицы и его расчет по оптическим и энергетическим показателям

В рамках экспериментального проектирования рассмотрены два варианта стеклопакетов. 1 – Стеклопакет STOPSOL* CLFSSLEAR 8-15-8; 2 – Стеклопакет STOPSOL* SUPERSIJVERCLEAR (табл. 4).

Таблица 4

Технические характеристики стеклопакетов

№	Позиция покрытия мм	Внешний вид	Оптические характеристики			УФ	Энергетические характеристики			Коэф. теплопроводности
			% LT	% Нар.	% Внут.	% Проп.	Проп. % DET	Отр. % ER	Погл. % EA	
1	8-15-8	Янтар. Сереб.	34	35	28	11	35	30	35	2,7
2	6-15-6	Сирен. Сереб.	58	37	36	28	53	27	20	2,7

На основе сравнения оптических, энергетических характеристик стеклопакетов, а также значений сопротивления теплопередачи, был выбран второй вариант. Расчет прохождения энергии через ограждение представлен в табличной форме (табл. 5).

Таблица 5

Расчет ограждающей конструкции по оптическим, энергетическим показателям

№ панели	15 декабря				15 сентября				15 июля			
	а 12,5 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA	а 9,15 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA	а 6,15 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA
0	0,125	0,07	0,03	0,03	0,750	0,40	0,20	0,15	1,440	0,76	0,39	0,29
20	0,125	0,07	0,03	0,03	0,767	0,41	0,21	0,15	1,547	0,82	0,42	0,31
40	0,126	0,07	0,03	0,03	0,809	0,43	0,22	0,16	1,759	0,93	0,47	0,35
60	0,128	0,07	0,03	0,03	0,881	0,47	0,24	0,18	2,042	1,08	0,55	0,41
80	0,137	0,07	0,04	0,03	0,990	0,52	0,27	0,20	2,410	1,28	0,65	0,48
100	0,180	0,10	0,05	0,04	1,118	0,59	0,30	0,22	2,779	1,47	0,75	0,56
120	0,288	0,15	0,08	0,06	1,247	0,66	0,34	0,25	3,133	1,66	0,85	0,63
140	0,456	0,24	0,12	0,09	1,373	0,73	0,37	0,27	3,445	1,83	0,93	0,69
160	0,688	0,36	0,19	0,14	1,501	0,80	0,41	0,30	3,707	1,96	1,00	0,74
180	0,958	0,51	0,26	0,19	1,653	0,88	0,45	0,33	3,932	2,08	1,06	0,79
200	1,214	0,64	0,33	0,24	1,819	0,96	0,49	0,36	4,083	2,16	1,10	0,82
220	1,428	0,76	0,39	0,29	2,002	1,06	0,54	0,40	4,156	2,20	1,12	0,83
240	1,581	0,84	0,43	0,32	2,192	1,16	0,59	0,44	4,147	2,20	1,12	0,83
260	1,665	0,88	0,45	0,33	2,351	1,25	0,63	0,47	4,071	2,16	1,10	0,81
280	1,682	0,89	0,45	0,34	2,459	1,30	0,66	0,49	3,989	2,11	1,08	0,80
300	1,639	0,87	0,44	0,33	2,513	1,33	0,68	0,50	3,900	2,07	1,05	0,78
320	1,535	0,81	0,41	0,31	2,513	1,33	0,68	0,50	3,811	2,02	1,03	0,76
340	1,366	0,72	0,37	0,27	2,461	1,30	0,66	0,49	3,722	1,97	1,00	0,74
360	1,136	0,60	0,31	0,23	2,361	1,25	0,64	0,47	3,605	1,91	0,97	0,72
380	0,862	0,46	0,23	0,17	2,222	1,18	0,60	0,44	3,452	1,83	0,93	0,69
400	0,588	0,31	0,16	0,12	2,053	1,09	0,55	0,41	3,308	1,75	0,89	0,66
420	0,374	0,20	0,10	0,07	1,860	0,99	0,50	0,37	3,133	1,66	0,85	0,63
440	0,232	0,12	0,06	0,05	1,657	0,88	0,45	0,33	2,955	1,57	0,80	0,59
460	0,163	0,09	0,04	0,03	1,445	0,77	0,39	0,29	2,744	1,45	0,74	0,55
480	0,139	0,07	0,04	0,03	1,230	0,65	0,33	0,25	2,511	1,33	0,68	0,50
500	0,131	0,07	0,04	0,03	1,031	0,55	0,28	0,21	2,257	1,20	0,61	0,45
520	0,128	0,07	0,03	0,03	0,875	0,46	0,24	0,18	1,990	1,05	0,54	0,40
540	0,126	0,07	0,03	0,03	0,796	0,42	0,21	0,16	1,749	0,93	0,47	0,35
560	0,126	0,07	0,03	0,03	0,759	0,40	0,20	0,15	1,551	0,82	0,42	0,31
580	0,125	0,07	0,03	0,03	0,747	0,40	0,20	0,15	1,443	0,76	0,39	0,29

Примечание: Здесь приведены суммы за сутки.

Экспликация составлена согласно необходимому уровню досвечивания:

	– свыше 1,0 кВт·ч/м ² ·день;
	– от 0,1 до 0,9 кВт·ч/м ² ·день;
	– менее 0,1 кВт·ч/м ² ·день.

Однако солнечной энергии, проходящей через ограждение, может быть недостаточно для запуска фотосинтеза и роста растений, в случае круглогодичного выращивания продукции. Для этого необходимо обеспечить получение определенного уровня лучистой энергии в течение суток. Минимально необходимым уровнем осветительной установки следует считать 40 Вт/м² (при фотопериоде 16 ч. – 0,64 кВт·ч/м² день, при 20 ч. – 0,8 кВт·ч/м² день). Осветительная установка должна будет работать в темное время суток, особенно в осенне-зимний период, и должна полностью обеспечить заданный уровень фотосинтеза [9, 10].

Расчет дополнительного внутреннего искусственного освещения теплицы

Расчет дополнительных затрат на электроэнергию для искусственного освещения помещений теплицы, представлен в табл. 6. На рис. 6-8 приведены планы с графическим изображением дополнительной подсветки для декабря, сентября и июля.

Таблица 6

Расчет требуемых затрат электроэнергии на дополнительное освещение

ориентация	№ панели	15 декабря кВт·ч/м ² ·день		15 сентября кВт·ч/м ² ·день		15 июля кВт·ч/м ² ·день	
С	60	2,4	2,4	2,0	2,0	1,4	1,4
З	80	2,4	2,1 -2,5 = 0,4	1,9	1,7 -2,5 = 0,8	1,2	0,6 -2,5 = 1,9
	100	2,3		1,9		1,0	
	120	2,3		1,8		0,8	
	140	2,2		1,7		0,6	
ориентация	№ панели	15 декабря кВт·ч/м ² ·день		15 сентября кВт·ч/м ² ·день		15 июля кВт·ч/м ² ·день	
З	160	2,1		1,6		0,5	
	180	1,9		1,6		0,4	
	200	1,8		1,6		0,3	
Ю	220	1,7	1,6 -2,5 = 0,9	1,5	1,2 -2,5 = 1,3	0,2	0,3 -2,5 = 2,2
	240	1,6		1,4		0,2	
	260	1,6		1,3		0,3	
	280	1,6		1,2		0,3	
	300	1,6		1,1		0,4	
	320	1,6		1,1		0,4	
	340	1,7		1,1		0,5	
	360	1,8		1,2		0,5	
В	380	2,0	2,2 -2,5 = 0,3	1,3	1,6 -2,5 = 0,9	0,6	0,6 -2,5 = 1,8
	400	2,1		1,4		0,7	
	420	2,2		1,5		0,8	
	440	2,3		1,6		0,9	
	460	2,3		1,7		1,0	
	480	2,4		1,8		1,1	
	500	2,4		1,9		1,2	
С	520	2,4	2,4 -2,5 = 0,1	2,0	2,0 -2,5 = 0,5	1,4	0,6 -2,5 = 1,1
	540	2,4		2,0		1,5	
	560	2,4		2,0		1,6	

Экспликация составлена согласно необходимому уровню досвечивания:

	– 2,5-2,0 кВт·ч/м ² ·день;
	– 1,9-1,6 кВт·ч/м ² ·день;
	– 1,5-1,0 кВт·ч/м ² ·день;
	– 0,9-0,1 кВт·ч/м ² ·день;
	– 0 кВт·ч/м ² ·день.

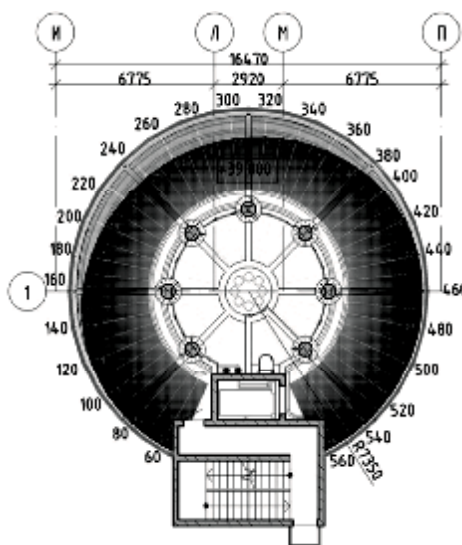


Рис. 6. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 декабря (иллюстрация авторов)

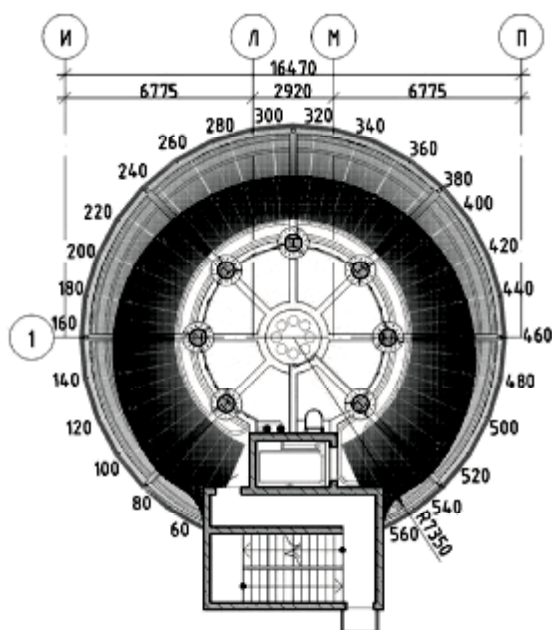


Рис. 7. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 сентября
(иллюстрация авторов)

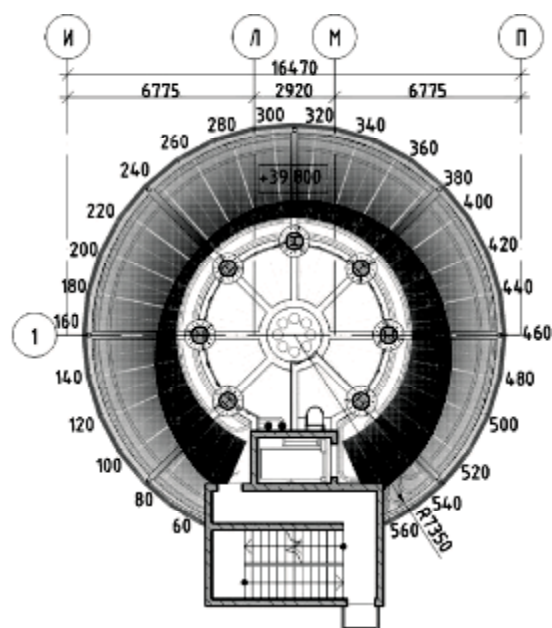


Рис. 8. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 июля
(иллюстрация авторов)

На основе выполненного расчета сформированы рекомендации по дозированию дополнительного освещения растений, выращиваемых в теплицах с круглогодичным оборотом с использованием для ограждения конструкцию стеклопакета STOPSOL^{*} SUPERSIJVERCLEAR, на территории г. Тюмени, расположенной на 57° с.ш.:

- в декабре – 2,4 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 2,1 – для западной, 1,6 – для южной и 2,2 – для восточной ориентации;
- в сентябре – 2,0 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 1,7 – для западной, 1,2 – для южной и 1,6 – для восточной ориентации;
- в июле – 1,4 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 0,6 – для западной, 0,3 – для южной и 0,6 – для восточной ориентации.

Заключение

На основе проведенных исследований можно сделать заключение о перспективности развития в г. Тюмени научно-производственных растениеводческих комплексов, в состав которых входят вертикальные теплицы. Большое количество дней с солнечным сиянием способствуют созданию сооружений такого типа. Вертикальные теплицы обладают рядом преимуществ перед одноэтажными:

- они занимают минимальную площадь застройки под сооружение;
- обеспечивают круглогодичный оборот зеленой продукции для снабжения населения;
- способны в автоматическом режиме поддержания климатических характеристик внутренних помещений (температуры, влажности воздуха, дополнительной освещенности).

Однако, при проектировании вертикальной теплицы необходимо создание определенной формы сооружения. Формообразующими являются наружные конструкции ограждения, расположенные под определенным углом и способствующие максимальному пропусканию солнечной энергии внутрь помещений. Необходимы также расчеты по дополнительному искусственному освещению помещений.

Архитектурное решение формы сооружения и использование современных конструкций и материалов создадут интересный образ вертикальной теплицы, которая с достоинством впишется в общую концепцию пространственной композиции научно-производственного комплекса.

Список библиографических ссылок

1. Новикова Н. В. Архитектура предприятий агропромышленного комплекса. М. : Архитектура-С, 2008. 280 с.
2. Панова Г. Г., Черноусов И. Н., Удалова О. Р., Александров А. В. Фитокомплексы в России: основы создания и перспективы использования для круглогодичного получения качественной растительной продукции в местах проживания и работы населения // Астерион. Общество. Среда. Развитие. 2014. № 4. С. 196–203.
3. Демин О. Б., Ельчищева Т. Ф. Проектирование агропромышленных комплексов. Тамбов : ТГТУ, 2005. 180 с.
4. Шубенков М. В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. М. : Архитектура-С, 2006. 321 с.
5. Сапрыкина Н. А. Основы динамического формообразования в архитектуре. М. : Архитектура-С, 2005. 312 с.
6. Измерение солнечного излучения в солнечной энергетике // Kipp&Zontn : интернет-изд., 2016. URL: <http://www.kippzonen.com/> (дата обращения: 01.10.2018).
7. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : Ассоциация строительных вузов, 2016.
8. Куприянов В. Н. Основные принципы конструирования наружных стен с ограничением конденсации в них парообразной влаги. Строительство и реконструкция / ФГБОУ ВПО Госуниверситет УНПИУ. Орел, 2015. С. 120–127.
9. Растения используют квантовые эффекты для усиления фотосинтеза // РИА Новости : интернет-изд. 2013. URL: <https://ria.ru/science/20130621/944793248.html> (дата обращения: 01.10.2018).
10. Квантовый биокомпьютер // 3D-news : интернет-изд., 2012. URL: <https://3dnews.ru/631421> (дата обращения: 01.10.2018).

Rachkova Olga Georgievna

senior lecturer

E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Makhmutov Arthur Emilevich

architect

Architectural Bureau «HEADS GROUP»

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Hadi Taktash st., 78

The effect of climatic factors on forming the vertical greenhouses with in the scientific-production plant growing complex of Tyumen

Abstract

Problem statement. The purpose of the work is to study the influence of climatic factors on the shaping and space-planning solution of vertical greenhouses within the scientific-production plant growing complex, optimization of solar energy received by fencing surfaces and calculating the necessary artificial lighting of the greenhouse areas.

Results. On the basis of the study and experimental design, the optimal shape of the vertical greenhouse has been constructed, the design of the formative external fencing which contributes to the maximum transmission of solar energy has been found. Obtained the values of dosed additional illumination of plants necessary for their growth.

Conclusions. The significance of the obtained results consists in the creation of a new type of production facility, a vertical greenhouse, taking into account the climatic features of Tyumen, solved in modern architectural style and capable of enriching the overall spatial composition of the complex as a whole.

Keywords: scientific-production plant growing complexes, vertical greenhouse, climate, solar radiation, artificial lighting, enclosing structures.

References

1. Novikova N. V. Architecture of enterprises of the agro-industrial complex. M. : Arhitectura-C, 2008. 280 p.
2. Panova G. G., Chernousov I. N., Udalova R. R., Aleksandrov A. V. Phyto-complexes in Russia: the basics of creation and prospects for use for year-round production of high-quality plant products in the places of residence and work of the population // Asterion. Obshchestvo. Sreda. Razvitiye. 2014. № 4. P. 196–203.
3. Demin O. B., Elchishcheva T. F. Design of agro-industrial complexes. Tambov : TGTU, 2005. 180 p.
4. Shubenkov M. V. Structural regularities of architectural shaping. M. : Arhitectura-C, 2006. 321 p.
5. Saprykina N. A. Basics of dynamic shaping in architecture. M. : Arhitectura-C, 2005. 312 p.
6. Measurement of solar radiation in solar energy // Kipp & Zontn : Internet-ed., 2016. URL: <http://www.kippzonen.com/> (reference date: 10.01.2018).
7. Kupriyanov V. N. Climatology and physics of the architectural environment. M. : Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov, 2016.
8. Kupriyanov V. N. The basic principles for the design of external walls with limited condensation of vaporous moisture in them. Construction and Renovation / UNPU. Orel, 2015. P. 120–127.
9. Plants use quantum effects to enhance photosynthesis // RIA Novosti : Internet-ed. 2013. URL: <https://ria.ru/science/20130621/944793248.html> (reference date: 10.01.2018).
10. Quantum biocomputer // 3D-news : Internet-ed., 2012. URL: <https://3dnews.ru/631421> (reference date: 10.01.2018).

УДК 72.01

Селецкая Ксения Владиславовна

архитектор

E-mail: xeniya_sel@mail.ru**ООО «New Graphic»**

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. М. Салимжанова, д. 15/8Б

Новиков Степан Викторович

кандидат архитектуры, ассистент

E-mail: to-stepa@mail.ru**Прохоров-Малясов Георгий Сергеевич**

кандидат философских наук, доцент

E-mail: georpromal@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Влияние архитектуры на адаптацию человека к климатическим условиям Арктики

Аннотация

Постановка задачи. Данная работа посвящена изучению вопроса взаимодействия человека и архитектурной среды в экстремальных климатических условиях Арктики. Рассматриваются аспекты психологического и философского восприятия архитектуры. Цель исследования – выявить роль и возможности архитектуры в вопросе адаптации человека к условиям полярной среды.

Результаты. Выявлены аспекты восприятия человеком архитектурной среды в условиях Арктики, их принципиальные особенности. Составлена классификация архитектурных методов и приемов, позволяющих более эффективно помочь человеку адаптироваться к полярной климатической среде.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в составлении классификации, позволяющей систематизировать ключевые моменты в арктическом проектировании, что помогает в процессе проектирования формировать более комфортную и эффективно эксплуатируемую среду, облегчающую человеку адаптацию к суровым климатическим условиям.

Ключевые слова: архитектура высоких широт, психологическое воздействие архитектуры, цветоцветовое моделирование, влияние архитектурной среды, концепция места, Арктика.

Введение

Территория Арктики особенна, как для России, так и для мира в целом, как природно-климатическими условиями, и своим животным миром, так и природными богатствами. Она включает в себя Гренландию, канадскую Арктику (включая Лабрадор и арктический Квебек), Аляску, Берингию и Старую область Берингова моря, Сибирь и некоторые части Монголии, в целом, занимает более 30 % территории земного шара [1-4]. Уникальна Арктика и историей своего освоения. Дальний Север и его обитатели на протяжении многих веков вызывали повышенный интерес. Местные народы выжили, и не просто выжили – они даже процветали в одних из самых суровых условий окружающей среды на Земле. Здесь до сих пор проживает огромное множество этнических групп, значительная часть которых придерживается сложившегося за десятилетия и века образа жизни. Их искусственная среда демонстрирует собой творческий, динамично совершенствующийся ответ на серьезные ограничения окружающего мира. На фоне специфики условий природного мира на протяжении многих поколений формировался и образ арктической архитектуры, который и сейчас продолжает свое особое развитие [5].

Предлагаемое исследование рассматривает взаимодействие человека и архитектурной среды в суровых условиях Заполярья, их влияние друг на друга. Искусственная среда, в которой человек живет, в значительной степени влияет на него,

так же, как и он, в свою очередь, изменяет архитектурную среду в соответствии со своими запросами [5-6]. В экстремальных природных условиях это взаимное воздействие оказывается не просто само собой протекающим процессом, но становится уже вопросом выживания. Причем более важным оказывается фактор не физиологического, а психологического влияния среды на адаптацию к этим условиям.

Вопросы адаптации человека к экстремально холодным условиям и особенности восприятия исследует В.В. Шилин, формирование архитектурно-пространственной среды в Арктике изучают Д. Декер, А. Мюллер, А.Г. Петрова и др., проблема взаимодействия философии и архитектуры в современном социокультурном пространстве анализируется Думновой Э.М.

Современная архитектура требует обязательного учёта человеческого фактора в качестве приоритетной цели [7-8]. Из-за специфики природно-климатических условий восприятие искусственной среды в Арктике имеет свои особенности и отличия. Помимо этого, на данный момент, отсутствует обобщенная или комплексная методология создания архитектурной среды на Крайнем Севере с учётом специфики философско-мировоззренческого подхода и оценки психологического состояния человека.

В рамках данного исследования проводится выявление роли и возможностей архитектуры в вопросе адаптации человека к условиям полярной среды, принципиальных особенностей восприятия человеком архитектурной среды в условиях Арктики, и составление классификации архитектурных приёмов и методов, позволяющих более эффективно адаптироваться к естественной полярной климатической среде.

Исследование построено на комплексной основе и включает аспекты анализа и синтеза синергетического и сравнительного методов, системной методологии. При изучении доступных источников и проектов, имеющих отношение к аспектам строительства и проектирования в полярных регионах в России и за рубежом, разработана классификационная таблица архитектурных факторов, имеющих определяющее значение в формировании архитектурной среды Заполярья. Ключевой фактор, определяющий их целесообразность – влияние природно-климатических факторов.

Специфика адаптационного восприятия (антропный фактор)

Вопрос взаимодействия человека и архитектурной среды можно рассматривать с разных позиций [9]. Социокультурное пространство и менталитет населения, его философское сознание играют в этом взаимодействии не последнюю роль. Философия и архитектура развиваются в рамках единого социокультурного пространства, которое, в свою очередь, является неким вызовом, источником вопросов, на которые они дают свои ответы. С другой стороны, это же пространство формируется и преобразовывается за счет изменения и развития философского знания и архитектурного творчества. Источником этих трансформаций выступает изменение ментальности, собственной идентичности человека, определенного «духовного» состояния общества [4]. Таким образом, формируются логико-методологические отношения между философией и архитектурой, которые позволяют точнее «вписать» человека в формируемую им самим искусственную среду.

Ряд философских категорий, таких как «пространство», «форма», «содержание» активно используются архитектурой, создавая особую систему архитектурной картины мира. Именно через эту систему формируется восприятие, которое становится основой архитектурного и философского мировоззрения. В силу ряда факторов наше восприятие субъективно, поскольку зависит от индивидуальных особенностей психики, возрастных, социальных и исторических условий. Восприятие лежит в основе ментальных особенностей социального субъекта [4]. При этом необходимо помнить, что восприятие архитектурного пространства – это многоуровневая система.

Адаптационное восприятие имеет некоторые отличия от обычного процесса восприятия [8]. Это сопряжено с качественным изменением окружающей обстановки: климата, природы, режима и т.д.

Говоря об адаптации конкретно к условиям Арктики, необходимо выделить два важнейших аспекта – адаптацию психическую и физиологическую. Они зависят от абсолютно разных факторов (рис. 1).



Рис. 1. Архитектурные аспекты, влияющие на адаптацию (иллюстрация авторов)

Физиологическая адаптация в Арктике

Согласно своему определению, физиологическая адаптация – сумма физиологических реакций, стоящая в основе приспособления организма к изменению окружающих условий и направленная на сохранение относительного постоянства его внутренней среды [6]. Это адаптация организма, с помощью которой он способен выживать в заданных условиях среды. В результате адаптации повышается устойчивость к тем или иным факторам. Разумеется, будет ошибкой утверждать, что для полноценной физиологической адаптации достаточно обеспечить потребности человека в пище, тепле и безопасности. Её механизм далеко не прост – преимущественная часть пришлого населения не в состоянии будет провести не то что всю свою жизнь, а может даже и несколько месяцев, за полярным кругом, например, попав под воздействие синдрома полярного напряжения.

Чрезвычайно низкие температуры воздуха, продолжительная суровая зима, короткое и холодное лето, нехватка ультрафиолетового излучения, световое голодание в период полярной ночи и, наоборот, световой переизбыток во время полярного дня, выраженные гравитационные и магнитные возмущения, ураганные ветры, резкие изменения уровней атмосферного давления, температуры, влажности воздуха и т.д., – все это стресс для организма человека, прибывающего в Арктику. Местное же население, в большинстве своём, приравливалось к экстремальным природным условиям на протяжении не одного поколения – это отразилось и на режиме питания, и на образе жизни, и во внешности [1]. Так, некоторые этнические народности вынуждены регулярно употреблять в пищу жир некоторых морских млекопитающих, так как это является необходимым для правильного протекания обмена веществ в их организмах. В целом, процесс физиологической адаптации человека в большей мере относится к сфере медицины, нежели архитектурной науки, поэтому подробно в данной работе не рассматривается, хотя некоторые архитектурные приёмы могут, в какой-то степени, его облегчить.

Психическая адаптация в Арктике

Механизм психической адаптации к Арктике так же имеет свои особенности. Среди прочего, человеку приходится привыкать к явлениям полярного дня и ночи, к тому, что преобладающим цветом окружающего мира является белый, и к ряду иных факторов природного характера [8]. И в данном направлении влияние архитектурной среды является уже более значимым, так как с помощью ряда стимулов создаваемой человеком среды, таких как, например, цвет, появляется возможность воздействия на психическое состояние человека через призму его восприятия.

Архитектурные факторы, влияющие на адаптацию

Сейчас необходимо в первую очередь создавать социально-здоровую устойчивую среду для жизни, ориентированную на потребности современного человека, а не отдельные здания [7]. Подобная мысль является отражением комплексного подхода к архитектуре, позволяющего создавать «человекоориентированную», гуманную среду. Архитектура оказывает огромное влияние на психологическое состояние человека, во многом это происходит через её эмоциональное воздействие. Основная его часть – это характер воздействия архитектуры в тот момент, когда она выступает в качестве фона для той или иной человеческой деятельности [9]. Существует ряд факторов, имеющих

отношение к архитектурной среде, оказывающих влияние на психоэмоциональную реакцию человека и его адаптацию. К ним можно отнести (рис. 2):

- Свет;
- Цвет;
- Строительные материалы интерьеров и экстерьеров;
- Формообразование;
- Введение зелёных эко-пространств;
- Эстетическое решение материальных объектов.

Факторы архитектуры, оказывающие влияние на психологическую адаптацию человека к условиям Арктики	
Свет	 иглу  военная база "Арктический трилистник"
Цвет	 лютеранская церковь, Исландия  жилые дома в Свальбаарде
Строительные материалы экстерьеров и интерьеров	 ин-р "Природного дома" в Норвегии  «Bharathia»
Формообразование	 полярная станция "Jang Bogo"  полярная станция "Princess Elizabeth"
Введение зелёных эко-пространств	 "Природный дом" в Норвегии  Вертикальный сад в помещении
Эстетическое решение материальных объектов	 Compact modular house  полярная станция "Jang Bogo"

Рис. 2. Факторы архитектуры, оказывающие влияние на психологическую адаптацию человека к условиям Арктики (иллюстрация авторов)

Свет. В Арктическом секторе существует такая природная особенность как полярный день и полярная ночь. В связи с продолжительностью полярной ночи часто наблюдается серьёзный недостаток инсоляции, по этой причине конструктивное решение фасада должно обеспечивать максимальное пропускание солнечных лучей [2]. Использование источников света в экстерьере положительным образом влияет на психологический комфорт человека, так как в ночное время значительно облегчает видимость и ориентацию в пространстве, особенно это важно в случае ночных снегопадов и метелей.

Цвет. Применение цвета в полярной архитектуре влияет на психологическую устойчивость [1]. Из-за большого количества снега в пейзаже, использование ярких цветов так же оправдано необходимостью – в случае начала снежной метели человек с куда большей вероятностью сможет найти дом, выкрашенный в яркий цвет. В Арктике предпочтительна отделка зданий в тёплой гамме, при этом цветовая контрастность должна быть повышена. Это связано с тем, что человек подсознательно выстраивает ассоциативные цепи в процессе восприятия среды. Так, тёплые цвета, такие как жёлтый и красный, ассоциируются с солнцем и теплом, что в условиях полярного холода ставит в качестве завершающего звена ассоциативной цепочки жизнь. Однако, необходимо учитывать то, что чем интенсивнее отдельные цветовые акценты, тем меньшую площадь они должны занимать [10].

Строительные материалы интерьеров и экстерьеров. Влияние ассоциативного восприятия следует учитывать и при выборе строительных материалов. Они должны внушать человеку чувство уверенности в собственной безопасности, он должен на психологическом уровне быть уверен, что здание, в котором он находится, не снесет сильным порывом ветра во время снежной бури. Правильно подобранные текстуры и фактуры материалов внутренней отделки в состоянии оказать благотворное влияние на психологический комфорт человека [3]. Например, вряд ли в условиях Заполярья хорошим выбором будет отделка помещения с использованием большого количества металла, стекла и необработанного бетона – это материалы подсознательно воспринимаются холодными и гладкими, как лёд, вызывая соответствующие ассоциации и эмоциональную реакцию.

Формообразование. Форма здания в Арктике во многом определяется внешними факторами – сильные ветра и сопутствующие проявления полярного климата диктуют необходимость использования в архитектуре обтекаемых форм [1]. Вместе с тем, формообразование так же оказывает определенное влияние на психологическое восприятие человека. Арктическая архитектура, чтобы быть комфортной, так же должна быть со-масштабна человеку, образна и гармонична [5].

Введение зелёных эко-пространств. Высокие широты характеризуются скудной растительностью. Однако, для человека очень важно взаимодействовать с доброжелательным природным пространством. В случае арктической архитектуры процесс внедрения в объекты зелёных эко-пространств выполняет роль гуманистической составляющей архитектуры. В качестве таких пространств можно использовать озеленение внутри здания посредством атриумов и зимних садов.

Эстетическое решение материальных объектов. Главной категорией эстетического восприятия можно назвать красоту. Несомненно, созерцание красоты есть важный аспект психологического комфорта и, соответственно, это оказывается важным в процессе адаптации человека к новым условиям. Архитектурная организация пространства, окружающего человека, должна быть хорошо продумана. Важно, чтобы эмоции, которые испытывает человек, находясь в нём, стимулировали приспособление к деятельности, для которой это пространство предназначено [5]. Необходимо стремиться к достаточной мере эмоционального удовлетворения, которая достигается в том случае, когда архитектура в достаточной мере отвечает запросам человека в зависимости от формы деятельности. Доказано, что испытываемые в архитектурной среде переживания оказывают определенное влияние на то, как воспринимаются объекты, помещенные в неё. Эта среда представляет собой фон, необходимый, но ненавязчивый, воспринимаемый бессознательно, и являющийся условием эмоционального комфорта. И для того, чтобы быть комфортным, этот фон и помещенные в него объекты должны быть эстетически привлекательными.

Заключение

Человек – главная мера архитектуры и философии. Взаимодействие этих наук носит перманентный характер, они, в одно и то же время, и развиваются параллельно, и оказывают влияние друг на друга и на формирование человеческого мировоззрения. Основой для них является восприятие, носящее субъективный характер, однако, используя определённые приёмы и методы на это восприятие можно повлиять извне.

Такое влияние оказывается особенно важным в условиях психологической адаптации к условиям полярной среды. Роль архитектуры в подобной ситуации оказывается значительной: правильное использование влияющих на психологическую адаптацию человека факторов способно значительно повысить эмоционально-психологический комфорт и оказать позитивное влияние на уровень его психической адаптации к экстремальным природно-климатическим условиям. В случае с арктической архитектурой выделяются следующие факторы: свет, цвет, формообразование, введение зеленых эко-пространств, эстетическое решение материальных объектов и строительные материалы интерьеров и экстерьеров. Каждый из них важен сам по себе, тем не менее, их комплексное внедрение, несомненно, более эффективно. К примеру, сочетания некоторых материалов и форм в арктической архитектуре и дизайне можно отнести к давно сложившимся традициям, следование которым позволяет создавать гармоничные и доброжелательные человеку пространства. Накладывающееся на сочетание этих факторов использование света и цвета дополняет архитектурный ансамбль, подчеркивая характер архитектуры, единство форм и акцентируя локальные участки [10].

В результате использования вышеперечисленных факторов, условия, способствующие адаптации, качественно улучшаются, что помогает в процессе проектирования формировать более комфортную и эффективно эксплуатируемую среду, а при эксплуатации – значительно облегчают психологическую адаптацию к суровым природным условиям Арктики.

Список библиографических ссылок

1. Andreas Müller. Arctic Perspective Cahier № 1. Architecture: A project of the Arctic Perspective Initiative : Hatje Cantz Verlag, Ostfildern, 2010. 148 p.
2. Julie Decker. Modern North architecture on the frozen edgy. New York : Princeton architectural press, 2010. 240 p.
3. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings, Berlin: Heidelberg, 2009. 419 c.
4. Думнова Э. М. Философия и архитектура в современном социокультурном пространстве. Новосибирск : НГУАДИ, 2015. 10 с.
5. Петрова А. Г. Традиционная культура и дизайн // Вестник Арктического Государственного Института Культуры и Искусств. 2016. № 1 (7). С. 61–63.
6. Мубаракшина Ф. Д. Архитектура изо льда и снега: исчезающая красота // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 49–56.
7. Шилин В. В. Архитектура и психология. Нижний Новгород : ННГАСУ. 2011. 68 с.
8. Адаптация человека // VUSLIT.RU : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: https://vuzlit.ru/408793/vidy_adaptatsii (дата обращения: 06.12.2017).
9. Город – Архитектура – Философия // ANTHROPOLOGY.RU : ежедн. интернет-изд. 2000. URL: <http://anthropology.ru/ru/text/veselova-sb/gorod-arhitektura-filosofiya> (дата обращения: 15.06.2018).
10. Строительство в высоких широтах. Принципы, возможности и перспективы // Строительный эксперт : ежедн. Интернет-изд. 2017. URL: <https://ardexpert.ru/article/5072> (дата обращения: 16.05.2018).

Seletskaya Kseniya Vladislavovna

architect

E-mail: xeniya_sel@mail.ru**LTD «New Graphic»**

The organization address: 420107, Russia, Kazan, M. Salimzhanov st., 15/8B

Novikov Stepan Victorovich

candidate of architecture, assistant

E-mail: to-stepa@mail.ru**Prohorov-Malyasov Georgy Sergeevich**

candidate of philosophy, professor

E-mail: georpromal@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The influence of architecture on adaptation to Arctic climatic conditions**Abstract**

Problem statement. This work is devoted to the study of the interaction between man and the architectural environment in extreme climatic conditions of the Arctic. The features of psychological and philosophical perception of architecture are considered. The purpose of the study is to identify the role and capabilities of architecture in the issue of human adaptation to the conditions of the polar environment.

Results. Aspects of human perception of the architectural environment in the Arctic, their fundamental features. The classification of architectural methods and techniques to more effectively help people adapt to the polar climate environment.

Conclusions. The significance of this study for architecture is that the compiled classification allows to systematize the key points in the Arctic design, which helps in the design process to form a more comfortable and effectively operated environment that facilitates human adaptation to harsh climatic conditions.

Keywords: high-latitude architecture, psychological impact of architecture, light-color modeling, influence of the architectural environment, the concept of the place, the Arctic.

References

1. Andreas Muller. Arctic Perspective Cahier 1. Architecture, Ostfildern: Hatje Cantz Verlag, 2010. 148 p.
2. Julie Decker. Modern North architecture on the frozen edgy: Princeton architectural press. New York, 2010. 240 p.
3. Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain, Shaun H. Lee. Sustainability in Energy and Buildings, Berlin: Heidelberg, 2009. 419 p.
4. Dumnova E. M. Philosophy and architecture in modern sociocultural space. Novosibirsk : NGADI, 2015. 10 p.
5. Petrov A. G. Traditional culture and design // Vestnik Arcticheskogo gosudarstvennogo insituta culturi i iskusstv. 2016. № 1 (7). P. 61–63.
6. Mubarakshina F. D. Architecture of ice and snow: the vanishing beauty // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 49–56.
7. Shilin V. V. Architecture and psychology. Nizhny Novgorod : NNGASU, 2011. 68 p.
8. Human adaptation // VUSLIT.RU : daily. internet-edit. 2017. URL: https://vuzlit.ru/408793/vidy_adaptatsii (reference date: 06.12.2017).
9. City – Architecture – Philosophy // ANTHROPOLOGY.RU : daily. internet-edit. 2000. URL: <http://anthropology.EN/EN/texts/veselova-sb/gorod-arhitektura-filosofiya> (reference date: 15.06.2018).
10. Construction in high latitudes. Principles, opportunities and prospects // construction expert : daily. internet-edit. 2017. URL: <https://ardexpert.ru/article/5072> (reference date: 16.05.2018).

УДК 719:72

Степанчук Алена Валентиновна

старший преподаватель

E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Васильева Юлия Владимировна

Главный архитектор

E-mail: gajavata@yandex.ru**ООО «Центр независимой экспертизы»**

Адрес организации: 420071, Россия, г. Казань, ул. Солидарности, д. 6, оф. 15

К вопросу об истории формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией (на примере зарубежного опыта)

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить организационные типы объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, входящие в инфраструктуру креативного, ремесленного, экокультурного подвидов культурного туризма.

Результаты. Анализ зарубежного опыта организации, функционирования, проектирования объектов культурного туризма на предмет вовлечения туристов в ремесленно-креативную деятельность позволил выявить исторические этапы эволюции архитектурного формирования объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией. Исторические этапы определены на основе классификации преобладающих способов представления ремесленной деятельности, формирование которых происходило под воздействием естественно-природных и социокультурных процессов.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении исторических этапов и особенностей архитектурной организации объектов культурного туризма, включающих ремесленно-креативную функцию.

Ключевые слова: объекты культурного туризма с ремесленно-креативной функцией, нематериальное культурное наследие, ремесла, ремесленно-креативная деятельность, культурный туризм, ремесла, музей.

Введение

По данным Всемирной Туристской Организации (ВТО), в последние десятилетия культурный туризм активно развивается. Он ориентирован на представление туристам культурного наследия территорий. Согласно Конвенции ЮНЕСКО Об охране нематериального культурного наследия (2003 г.), в культурном наследии выделяют материальную и нематериальную составляющие. К нематериальному культурному наследию относятся, в том числе и знания, умения и навыки, связанные с традиционными ремеслами.

В последние годы в мире все больше исследований посвящено связи туризма и культуры, как возможностям, так и угрозам такого взаимодействия.

Культурный туризм принято подразделять на подвиды. Более всего на представление ремесел, как части нематериального культурного наследия, ориентированы следующие подвиды культурного туризма: ремесленный туризм, основная цель которого – представление туристам местных ремесел; креативный туризм, ориентированный на представление всего спектра видов креативной деятельности, в том числе и ремесел; и экокультурный туризм, знакомящий туристов комплексно как с культурными, так и с бытовыми традициями.

Знакомство туристов с нематериальным культурным наследием местности осуществляется погружением в среду с сохранившимся или воссозданным историческим образом жизни, а также погружением в современную социокультурную среду для знакомства с трансформацией традиций. Увеличение спроса туристов на приобщение к нематериальному культурному наследию местности, на собственное творческое самовыражение посредством участия в ремесленных мастер-классах свидетельствует о необходимости архитектурной организации объектов культурного туризма, реализующих ремесленно-креативную функцию.

Анализ взаимосвязи туризма и нематериального культурного наследия в аспекте ремесленной деятельности

Базовым ресурсом для культурного туризма является культурное наследие. И если в отношении материального культурного наследия как положительное, так и отрицательное влияние туризма очевидно [1], то угрозы со стороны туризма для нематериального культурного наследия не всегда видны и могут, как негативно повлиять на качественные характеристики нематериального наследия, так и привести к его полной утрате.

Ряд исследований и нормативно-правовых документов в области культурного туризма и культурного наследия ЮНЕСКО, ИКОМОС, ВТО указывают на взаимосвязь культурного туризма и культурного наследия, в том числе ремесел:

- значение нематериальных аспектов культуры для целостного восприятия территории указано в Квебекской декларации «О сохранении духа места» (ИКОМОС, 2008 г.) [2];

- на развитие туризма на основе уважения культуры местного населения и поддержки традиционных видов ремесленной и хозяйственной деятельности, а также необходимость сохранять «культурные традиции, традиционные технологии, дух места и все, что способствует идентичности места» [3, с. 7, 9] указывают «Принципы Валлетты по сохранению и управлению историческими городами и урбанизированными территориями» (ИКОМОС, 2011 г.);

- «сохранение традиционных сельскохозяйственных и ремесленных видов деятельности для сохранения профессиональных навыков и опыта, и создания рабочих мест для местных сообществ» [4] указано в Парижской декларации «О наследии как движущей силе развития» (ИКОМОС, 2011 г.);

- Рекомендации «Об исторических городских ландшафтах» (ЮНЕСКО, 2011 г.) подчеркивают значимость единства материальных и нематериальных составляющих наследия городских ландшафтов, которое «способствует экономическому развитию и социальной сплоченности в меняющейся глобальной обстановке» [5];

- повышенный интерес туристов к нематериальной составляющей культурного наследия дестинации отмечен в исследовании «Туризм и нематериальное культурное наследие» (ВТО, 2012 г.).

Исторические этапы развития архитектуры зарубежных объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией (XIX-XXI вв.)

В силу своей специфики нематериальное культурное наследие уязвимо и подвержено воздействию социокультурных и естественных природных процессов. Так, с одной стороны – неосозаемая природа ремесленных традиций, т.е. знаний, умений и навыков, неразрывно связана с мастерами – носителями этих традиций, старение мастеров и прекращение процессов передачи этих традиций грозит утратой не только отдельных художественно-стилевых особенностей, но и некоторых ремесленных производств в целом; прекращение использования ремесленных изделий в быту приводит к выведению ремесленных изделий из активной повседневной социокультурной жизни. С другой стороны – активные процессы индустриализации и глобализации являются угрозой не только традиционному укладу жизни, но и сохранившимся историческим зданиям, в которых традиционно размещались виды ремесленной деятельности. Вышеописанное обусловило особенности эволюционного развития и способов представления ремесленной деятельности, как части нематериального культурного наследия, и архитектурного формирования объектов культурного туризма, в которых эта деятельность реализуется.

Исследование зарубежного опыта архитектурного проектирования, организации и функционирования объектов культурного туризма, отражающих ремесленные традиции, как часть нематериального культурного наследия, охватывает 49 объектов. Предыстория формирования объектов культурного туризма, в которых представляется нематериальное культурное наследие, в том числе ремесла, началась в 1867 г. с экспозиции «Улица народов» на Всемирной выставке в Париже, где были созданы макеты традиционных жилых домов с манекенами жителей. В 1883 г. представленные на Международной выставке в Амстердаме макеты индонезийской деревни были дополнены интерактивными элементами – музыкой и демонстрацией пахотных работ [6].

В результате анализа зарубежного опыта были выявлены три исторических этапа

развития архитектуры рассматриваемых объектов на основе преобладающего способа представления ремесленной деятельности:

1 этап – экспозиция ремесленных инструментов и оборудования (с конца XIX в. до середины XX в.);

2 этап – демонстрация отдельных производственных операций и всего производственного цикла ремесленного процесса (со второй половины XX в. до конца XX в.);

3 этап – текущий – вовлечение туристов в ремесленно-производственный процесс (с конца XX в.).

Экспозиция ремесленных инструментов и оборудования (с конца XIX в. до середины XX в.)

Формирование первого этого этапа развития объектов культурного туризма за рубежом произошло под воздействием набравших силу процессов исчезновения традиционной материальной и нематериальной культуры. Ремесла, а точнее – продукты ремесленной деятельности, инструменты и оборудование, сохранялись в виде артефактов в музеях и были представлены в экспозиции. Мастерские ремесел в таких музеях размещаются в исторических зданиях. К концу первого этапа экспозиции ремесел были дополнены эпизодической демонстрацией выборочных ремесленных операций, проводимой приглашенными мастерами на открытом воздухе во время праздников.

В конце XIX в. в Европе начался активный процесс создания первых объектов культурного туризма – музеев под открытым небом (open-air museum). Эти музеи были ориентированы на сохранение в экспозициях материальной и нематериальной культуры. Традиционные виды ремесел были представлены экспозициями инструментов, оборудования и образцами ремесленных изделий. Градостроительной особенностью таких музеев, согласно Севан О.Г., является расположение в горных местностях с минимальными транспортными потоками [7].

С конца XIX в. до середины XX в. музеи под открытым небом были организованы в Швеции, Норвегии, Германии, Финляндии, Великобритании, Дании, Голландии, Северной Ирландии Чехии, Бельгии и других странах (всего более 300 музеев). Большинство музеев были созданы из перевезенных на новое место памятников. Музеи, созданные без изменения месторасположения исторических объектов, принято называть «in situ».



Рис. 1. Схема парка-музея «Скансен» (Швеция) (источник: URL: <http://www.skansen.se/en/>)

Парк-музей Скансен (Skansen) (рис. 1) на острове Юргорден в центре Стокгольма (Швеция) – один из наиболее характерных примеров объектов культурного туризма, представляющий экспозицию ремесленных инструментов и оборудования. Он был основан в 1891 г. Артуром Хазелиусом. Это первый в мире музей под открытым небом, давший название направлению в музеологии, посвященному изучению музеев подобного типа – «скансенология». На территории парка-музея Скансен около 160 зданий XVIII-XX вв., свезенных сюда со всей Швеции. В городском квартале, помимо жилых домов, расположены: столярная фабрика, типография, лавка пряностей, пекарня, аптека, мастерские жестянщика и драпировщика, граверная, стеклодувная, шорная, кожаная, ювелирная гончарная, мастерские и другие небольшие мастерские. Все ремесленные мастерские расположены в небольших одно-двухэтажных деревянных зданиях. В наши дни сотрудники музея и приглашенные мастера, переодетые в исторические костюмы, работают в качестве живых экспонатов. Проживание на территории музея не организовано, есть сувенирные лавки и современные объекты питания.

В Осло (Норвегия) в 1894 г. Хансом Алом был основан Норвежский народный музей (Norsk Folkemuseum), объединивший на своей территории, перевезенные городские и деревенские исторические здания. Позднее статичные экспозиции дополнены интерактивной демонстрацией ремесленного процесса и вовлечением в него туристов. Так, в исторических деревянных одноэтажных зданиях сегодня расположены магазины и действующие гончарные, ткацкие, ювелирные и другие ремесленные мастерские, есть аптекарский огород и небольшая ферма. Проживание, как мастеров, так и туристов не предусмотрено.

В 1937 г. в Турку (Финляндия) был основан Музей ремесел Луостаринмяки (Luostarinmäki Handicrafts Museum), расположенный «in situ». Музей состоит из одноэтажных деревянных зданий конца XVIII в., которые были отреставрированы на период начала XIX века. В музее расположены ремесленные мастерские – художественная, гончарная, ювелирная, сапожная, портняжная, шорная, табачная, часовая, мастерские по обработке шерсти и меха, корзиноплетения, металлообработки, музыкальных инструментов, мастерские трубочиста, перчаточника, мастера по изготовлению гребней и другие; есть пекарня, почта, типография, магазины.

Демонстрация отдельных производственных операций и всего производственного цикла ремесленного процесса (вторая половина XX в.-конец XX в.)

Второй этап развития объектов культурного туризма за рубежом характеризуется процессом дифференциации культурного наследия и выделения категорий материального и нематериального культурного наследия [8]. В музеях под открытым небом экспозиции материальной культуры начали дополняться соответствующими запахами, звуками, формирующими целостную картину «духа места». Особенности нематериального культурного наследия – его неосоздаемый характер и передача от человека человеку в процессе живого общения – предопределили активное развитие тенденции «оживления» экспозиции посредством демонстрации, как способа представления отдельных операций и всего процесса ремесленной деятельности. В некоторых музеях налаживали работу действующих ремесленных мастерских. Демонстрация, как в экспозиции, так и в действующих мастерских выполнялась сотрудниками музеев или мастерами – носителями традиции, переодетыми в костюмы соответствующей эпохи. Изменения в способе представления ремесел обусловили изменения в архитектурной организации объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией.

Так, в Ольстерском музее под открытым небом (Северная Ирландия), созданном в 1958 г. [6], для демонстрации ремесел были воссозданы ткацкая мастерская и кузница, а также налажено действующее в них производство. Экспозиция ремесленных инструментов и оборудования, дополненная звуками и запахами производства, способствуют погружению посетителей в атмосферу воссозданной эпохи.

В Архитектурно-этнографическом комплексе «Этыра» (Болгария), основанном в 1964 г., за период 1967-1973 гг. были воссозданы 16 жилых домов ремесленников. Их архитектурные решения были аналогичны утраченным: на первом этаже располагается мастерская с зоной продажи изделий, а остальная часть дома – жилая. Всего в мастерских

было возрождено около 26 видов ремесел, ранее процветавших здесь.

В 1970 г. был создан музей под открытым небом в г. Бимиш (Северная Англия), в городском секторе которого восстановлены и функционируют типография и гончарная мастерская, а в сельском секторе на ферме возрождено разведение редких традиционных пород скота.

Развитие тенденций демонстрации производственных, бытовых процессов и «имитация жизни» в музеях обусловили появление музеев с жилыми зданиями. К ним относится, например, Музей под открытым небом «Старый Линшопинг» в Швеции (Gamla Linköping), созданный в 1949 г. из памятников архитектуры XVII-XIX вв., состоит из следующих частей: городской квартал, лес-заповедник и поместье (рис. 2). В городском квартале расположены как здания-музеи с экспозициями, так и жилые здания, в которых продолжают жить потомки прежних владельцев. В некоторых из них жилье совмещено с действующими ремесленными мастерскими и с торговыми лавками. Также на территории музея в городском квартале функционируют школа, почта и банк.



Рис. 2. Схема музея под открытым небом «Старый Линшопинг» (Швеция)
(источник: URL: http://www.gamlalinkoping.info/images/PDF/karta_gamlalinkoping.pdf)

Идеи сохранения и демонстрации ремесленных и бытовых традиций в условиях живого поселения легли в основу концепции экомузеев (1968 г.), идеологом которой был Ж. Ривьер. Кимеев В.М. [9] в своем исследовании указывает, что особенностями экомузеев является представление местного населения в его этнокультурном и естественном природном окружении, при этом объекты наследия восстанавливаются и включаются в музей на первоначальном месте их нахождения. В исследовании Глушковой П.В. [10] отмечено, что в экомузеях, в отличие от других музеев под открытым небом, возможна актуализация и ревитализация нематериального культурного наследия, т. е. включение ремесел, как части этого наследия, в современную культуру социума, восстановление их способности к функционированию и самовоспроизведению.

Экомузеи в ряде случаев организованы в существующих деревнях и не имеют четких границ, как, например, музей под открытым небом «Старая деревня» в Хорватии (Old Village) [11, с. 47] и объект Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО (год включения – 1987 г.) деревня Холлоко в Венгрии (Old Village of Hollókő and its Surroundings), коренные жители которой сохраняют традиции гончарного ремесла, вышивки, ткачества, бисероплетения, резьбы по дереву и других видов ремесел.

Вовлечение туристов в ремесленно-производственный процесс (с конца XX в.)

Третий этап развития объектов культурного туризма за рубежом имеет несколько

следующих характерных особенностей:

- формирование и закрепление в документах ЮНЕСКО, ИКОМОС, ВТО концепций комплексного подхода к сохранению материальных и нематериальных аспектов культурного наследия и бережного вовлечения наследия в культурный туризм [1-3, 12, 13];
- позиционирование нематериального культурного наследия, в том числе ремесел, как бренда, конкурентного фактора в привлечении туристов [11, 14, 15];
- увеличение спроса туристов на приобщение к нематериальному культурному наследию местного населения территорий отдыха (дестинации), в том числе посредством приобретения практических навыков ремесленной деятельности.

Интерес туристов к участию в мастер-классах по обучению основам ремесленной деятельности предопределил организацию учебно-производственных пространств и помещений в объектах культурного туризма с ремесленно-креативной функцией.

В ответ на спрос туристов на обучение творческой деятельности на территориях отдыха, с учетом невозможности сохранения и осуществления демонстрации ремесел без живого участия мастеров, а также для помощи ремесленникам в решении их экономических проблем в 1992 г. Симаром М.С. (M. Cyril Simard) была предложена концепции экономузеев – учреждений, объединяющих на основе экономического сотрудничества действующие ремесленные мастерские и музеи. Процесс создания экономузеев начался в Канаде в первое десятилетие XXI века. В экономузеех есть зоны экспозиции, где выставлены образцы исторических и современных ремесленных изделий и инструментов, демонстрирующие преемственность традиций. В экономузеех реализуются следующие функциональные процессы: демонстрация работы мастера, обучение ремеслу и приобретение понравившихся изделий. На сегодняшний день в Европе насчитывается около 70 экономузеев. Например, Экономузеи обувной фабрики и ковроткачества в Норвегии; Экономузеи фарфора, сыроделия и шоколада в Канаде и др.

В проектах реконструкции музейных и промышленных зданий последних десятилетий архитекторами также учитывается необходимость создания помещений для вовлечения посетителей в ремесленно-производственный процесс. Например, архитекторы бюро «AF6 Arquitectos» при выполнении реконструкции квартала зданий керамической фабрики в Севилье с перепрофилированием в Музей керамики (Ceramics Museum, Испания) предусмотрели на 1 этаже помещение керамической мастерской с возможностью организации мастер-классов.

В музеях Хорватии, Словении действует проект «CRAFTATTRACT», цель которого – представление в музеях традиционных ремесел. Между музеями и местными ремесленниками налажено постоянное сотрудничество, предполагающее демонстрацию отдельных этапов процесса их работы [11, с. 46, 52], а также организацию обучающих мастер-классов для детей и взрослых, как на территории музеев, так и в личных мастерских ремесленников. В ряде мастерских функционируют небольшие частные музеи [11, с. 55].



Рис. 3. Колледж изобразительных искусств. Студия керамики (Великобритания)
(иллюстрация авторов)

В ряде учебных заведений, например, в Студии керамики при Колледже изобразительных искусств в Бристоле (College of Visual Arts. Ceramics Studio, Великобритания), также организуются обучающие мастер-классы для туристов по овладению навыками ремесел (рис. 3).

Культурологи и исследователи культурного туризма отмечают появление значительного количества популярных объектов культурного туризма, функционирующих в «пограничном пространстве между музеем и жизнью» [6, 16] и использующих «пространственный принцип демонстрации сооружений» [6] и направлены на демонстрацию ремесленной деятельности, обрядов, праздников, обычаев в культурно-развлекательной форме. Входящие в состав таких объектов здания как исторические, так и стилизованные под выбранную временную эпоху. В подобных объектах аутентичные элементы рассматриваются не как объекты, ценные с исторической точки зрения, а как средство для формирования убедительной атмосферы. Подобные объекты исследователи и туризма, и музейного дела относят к «постмузейной» [16] практике и разделяют их на две группы:

- объекты, функционирующие по принципу «жизнь, как музей» и ориентированные на показ туристам бытовых традиций населения дестинации. К этой группе постмузейных объектов относятся частные семейные гостиницы, индивидуальные жилые дома, небольшие семейные фермы. Подобные объекты находятся, как правило, в сельской местности и пользуются спросом у туристов, интересующихся сельским (rural tourism), или агротуризмом. В связи с отнесением к другому виду туризма, подобные постмузейные объекты не рассмотрены в данном исследовании.

- объекты, реализующие принцип «музей, как жизнь» – так называемые исторические деревни (historical village), «этнографические деревни» (ethno village), деревни наследия (heritage village), «этнопарки», «центры наследия», «хижины», «приюты» и т. д. Эти объекты имеют пространственную структуру расположения малоэтажных зданий, входящих в их состав. Ремесленно-креативная функция расположена на первых этажах, событийная организация мастер-классов по ремеслам осуществляется на прилегающих территориях на открытом воздухе. К этой группе постмузейных объектов относятся следующие объекты культурного туризма: Народная деревня в Корее (1974 г.); Деревня наследия в Нью-Браунфелсе в США (1984 г.); Деревня ремесел «Донегал» в Ирландии (1985 г.); Музей старинных народных промыслов и технологий «Дудутки» в Беларусь (1994 г.); Деревня наследия «Memory Lane» в Канаде (1995 г.); Ботанический ремесленный центр «Ботаникус» в Чехии (2000 г.); Этнодеревня «Станишики» в Боснии и Герцеговине (2003 г.) и многие другие объекты.

В XXI в. в результате тенденций «возрождения городов через культуру» [17], ревитализации территорий бывших промышленных предприятий и увеличения культурного потенциала территории, как средства привлечения и туристов, и местных жителей [18], развитие концепций, так называемых «креативных индустрий», и включения в них ремесел в инфраструктуре культурного туризма, появилось значительное количество объектов, расположенных в культурных и/или креативных кварталах (cultural/creative quarter, creative clusters, creative districts). Согласно исследованиям Эванса (G. Evans) [19], они могут объединять предприятия одной направленности (монопрофильные) или разных сфер креативной деятельности (многопрофильные). Культурно-креативные кварталы различаются также по преобладающему виду деятельности – потребление (consumption) или производство (production). Наличие ремесленно-креативной функции обуславливает соответствующую архитектурную организацию помещений и/или пространств для мастер-классов, магазинов, выставочных залов и т. д. К культурно-креативным кварталам следует отнести ревитализированные промышленные кварталы в Шеффилде, Манчестере, Ливерпуле (Великобритания), квартал «Фабрика искусств» в Вене, квартал Ювелиров в Бирмингеме (Великобритания), в состав которого входит более 200 зданий с предприятиями креативных индустрий: ювелирные, архитектурные, дизайнерские мастерские, кафе и рестораны, университеты и колледжи, культурно-познавательные и культурно-развлекательные объекты.

Заключение

В результате проведенного исторического анализа зарубежного опыта развития объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией выявлены три исторических этапа формирования их архитектуры и функционально-пространственных решений. Сегодня существует многообразие форм объектов культурного туризма, в которых осуществляется знакомство туристов с ремеслами, как с нематериальным культурным наследием местности – частные дома ремесленников с мастерскими, мастерские при учреждениях культуры, экономузеи, мастерские при учебных заведениях, мастерские при музеях, культурно-креативные пространства – деревни, улицы, кварталы ремесленников), объекты «постмузейности» – исторические, этнографические деревни, деревни наследия, этнопарки и другие объекты, отражающие традиции ремесла и быта.

Таким образом, установлено, что наибольшее количество объектов культурного туризма с ремесленно-креативной функцией появилось на текущем третьем этапе – этапе вовлечения туристов в ремесленно-креативную деятельность (с конца XX века по настоящее время).

Список библиографических ссылок

1. Agisheva S. UNESCO Line Do Not Cross // STUDIO. Architecture and Urbanism magazine. Milan, Italy. 2018. Vol. 14. P. 122–132.
2. Квебекская декларация о сохранении духа места // ICOMOS.ORG : официальный сайт (ИКОМОС) Международного совета по сохранению памятников и достопримечательных мест. 2008. URL: http://www.international.icomos.org/quebec2008/quebec_declaration/pdf/GA16_Quebec_Declaration_Final_EN.pdf (дата обращения: 01.05.2018).
3. Принципы Валлетты по сохранению и управлению историческими городами и урбанизированными территориями // ICOMOS.ORG : официальный сайт (ИКОМОС) Международного совета по сохранению памятников и достопримечательных мест. 2011. URL: http://www.icomos.org/charters/RUSS_Valletta_principles.pdf (дата обращения: 01.05.2018).
4. Парижская декларация о наследии как движущей силе развития // ECOVAST.RU : официальный сайт Европейского Совета по селам и малым городам: Российский Комитет по селам и малым городам. 2011. URL: <http://www.ecovast.ru/images%5C2012%5CDeclaration.pdf> (дата обращения: 01.05.2018).
5. Рекомендации об исторических городских ландшафтах // WHC.UNESCO.ORG : официальный сайт Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). 2011. URL: <http://whc.unesco.org/document/117662> (дата обращения: 01.05.2018).
6. Каулен М. Е. Музеефикация историко-культурного наследия России. М. : Этерна, 2012. 432 с.
7. Севан О. Г. Музеи под открытым небом Европы // ECOVAST.RU : официальный сайт Европейского Совета по селам и малым городам: Российский Комитет по селам и малым городам. URL: <http://www.ecovast.ru/images/europmuseum.pdf> (дата обращения: 01.05.2018).
8. Курьянова Т. С. Нематериальное культурное наследие: этапы становления термина и явление // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 362. С. 87–90.
9. Кимеев В. М. Этнокультурные функции экомuzeя // Вестник СПбГУ. Серия 2. История. 2008. Вып. 4. Ч. 1. С. 222–234.
10. Глушкова П. В. Классификация музеев под открытым небом в аспекте актуализации нематериального культурного наследия // Вестник Кемеровского государственного университета. № 1 (61). Том 1. 2015. С. 59–63.
11. Horjan G. Traditional Crafts as a New Attraction for Cultural Tourism // International Journal of Intangible Heritage. 2011. № 6. P. 46–56.
12. Конвенция об охране и поощрении разнообразных форм культурного

- самовыражения // UN.ORG : официальный сайт Организации Объединенных Наций. 2005. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/cult_diversity.pdf (дата обращения: 01.05.2018).
13. UNWTO Study on tourism and intangible cultural heritage: Summary // ETHICS.UNWTO.ORG : the official website of the World Tourism Organization (UNWTO). URL: <http://ethics.unwto.org/publication/study-tourism-and-intangible-cultural-heritage> (дата обращения: 01.05.2018).
14. Du Cros H. UNWTO Study on Tourism and Intangible Cultural Heritage: Examples of Best Practices from Australia, Indonesia, Thailand and Vanuatu // ETHICS.UNWTO.ORG : the official website of the World Tourism Organization (UNWTO). URL: http://ethics.unwto.org/sites/all/files/docpdf/ducrospresentation-baliseminar2011baliseminar_0.pdf (дата обращения: 01.05.2018).
15. Richards G. Developing and Marketing Crafts Tourism: The EUROTEx Project. Arnhem : ATLAS, 1998. 124 p.
16. Малявин В. В. Постмузейная эпоха // Русский журнал. 2004. URL: www.russ.ru/columns/poison/20040812.html (дата обращения: 01.05.2018).
17. Лэндри Ч., Грин Л., Матарассо Ф., Бьянчини Ф. Возрождение городов через культуру. М.-СПб. : Нотабене, 1999. 88 с.
18. Быстрова Т. Ю. Парк Эмшер: принципы и приемы реабилитации промышленных территорий // Академический Вестник УралНИИПроект РААСН. 2014. № 2. С. 9–14.
19. Evans G. L. From cultural quarters to creative clusters – creative spaces in the new city economy // The sustainability and development of cultural quarters: international perspectives. Stockholm : Institute of Urban History, 2009. С. 32–59.

Stepanchuk Alena Valentinovna

senior lecturer

E-mail: alena.stepanchuk@bk.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Vasilyeva Julia Vladimirovna

chief architect

E-mail: gajavata@yandex.ru**LLC «Center for Independent Expertise»**

The organization address: 420071, Russia, Kazan, Solidarnosty str., 6, off. 15

**To the question of the history of the formation cultural tourism objects
with a craft-creative function (on the example of foreign experience)****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the organizational types of cultural tourism objects with a craft-creative function that are part of the infrastructure of creative, craft, eco-cultural subspecies of cultural tourism.

Results. The analysis of foreign experience in organizing, functioning, designing cultural tourism facilities with a view to involving tourists in craft and creative activities allowed us to identify the historical stages of the evolution of the architectural formation of cultural tourism facilities with a craft and creative function. Historical stages are determined on the basis of the classification of the prevailing methods of presenting craft activities, the formation of which took place under the influence of natural and socio-cultural processes.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in identifying the historical stages and features of the architectural organization of cultural tourism objects, including a craft-creative function.

Keywords: cultural tourism objects with a craft-creative function, intangible cultural heritage, crafts, craft-creative activities, cultural tourism, crafts, museum.

References

1. Agisheva S. UNESCO Line Do Not Cross // STUDIO. Architecture and Urbanism magazine. Milan, Italy. 2018. № 14. P. 122–132.
2. Québec declaration on the preservation of the spirit of place // ICOMOS.ORG : the official website of International Council of Monuments and Sites (ICOMOS). 2008. URL: http://www.international.icomos.org/quebec2008/quebec_declaration/pdf/GA16_Quebec_Declaration_Final_EN.pdf (reference date: 01.05.2018).
3. The Valletta principles for the safeguarding and management of historic cities, towns and urban areas // ICOMOS.ORG: the official website of The International Council of Monuments and Sites (ICOMOS). 2011. URL: http://www.icomos.org/charters/RUSS_Valletta_principles.pdf (reference date: 01.05.2018).
4. Paris declaration On heritage as a driver of development // ECOVAST.RU: the official website of The Russian committee of European Council for the Village and Small town. 2011. URL: <http://www.ecovast.ru/images%5C2012%5CDeclaration.pdf> (reference date: 01.05.2018).
5. Recommendations on historic urban landscapes // WHC.UNESCO.ORG : an official website United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization(UNESCO). 2011. URL: <http://whc.unesco.org/document/117662> (reference date: 01.05.2018).
6. Kaulen M. E. Museification of the historical and cultural heritage of Russia. M. : Eterna, 2012. 432 p.
7. Sevan O. G. European open-air museums // ECOVAST.RU : the official website of European Council on Villages and Small Towns: Russian Committee on Villages and Small Towns. URL: <http://www.ecovast.ru/images/europmuseum.pdf> (reference date: 01.05.2018).
8. Kuryanova T. S. Intangible Cultural Heritage: Stages of Terminology and Phenomenon // Vestnik of Tomsk State University. 2012. № 362. P. 87–90.
9. Kimeev V. M. Ethnocultural features of the eco-museum // Vestnik SPbSU. Series 2. History. 2008. № 4. Vol. 1. P. 222–234.
10. Glushkova P. V. Classification of open-air museums in the aspect of actualization of intangible cultural heritage // Vestnik of Kemerovo State University. № 1 (61). Vol. 1. 2015. P. 59–63.
11. Horjan G. Traditional Crafts as a New Attraction for Cultural Tourism // International Journal of Intangible Heritage. 2011. № 6. P. 46–56.
12. Convention on the Protection and Promotion of the Diversity of Cultural Expressions // UN.ORG : the official website of The United Nations Organization. 2005. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/cult_diversity.pdf (reference date: 01.05.2018).
13. UNWTO Study on tourism and intangible cultural heritage: Summary // ETHICS.UNWTO.ORG : the official website of the World Tourism Organization (UNWTO). URL: <http://ethics.unwto.org/publication/study-tourism-and-intangible-cultural-heritage> (reference date: 01.05.2018).
14. Du Cros H. UNWTO Study on Tourism and Intangible Cultural Heritage: Examples of Best Practices from Australia, Indonesia, Thailand and Vanuatu // ETHICS.UNWTO.ORG : the official website of the World Tourism Organization (UNWTO). URL: http://ethics.unwto.org/sites/all/files/docpdf/ducrospresentation-baliseminar2011baliseminar_0.pdf (reference date: 01.05.2018).
15. Richards G. Developing and Marketing Crafts Tourism: The EUROTEx Project. Arnhem : ATLAS, 1998. 124 p.
16. Malyavin V. V. Post Museum era // Russian Journal. 2004. URL: www.russ.ru/columns/poison/20040812.html (reference date: 01.05.2018).
17. Landry C., Green L., Matarasso F., Bianchini F. Renaissance of cities through culture / trans. from English Badchen. M.-SPb. : Notabene, 1999. 88 p.
18. Bystrova T. Yu. Park Emscher: principles and techniques for the rehabilitation of industrial areas // Academicheskyy Vestnik UralNIIProekt RAASN. 2014. № 2. P. 9–14.
19. Evans G. L. From cultural quarters to creative clusters – creative spaces in the new city economy // The sustainability and development of cultural quarters: international perspectives. Stockholm : Institute of Urban History, 2009. P. 32–59.

УДК 721

Тукмакова Миляуша Ильгисовна

архитектор-дизайнер

Лаборатория проектирования общественных пространств «K.Urban-Bayram Space»E-mail: miliushka@list.ru

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Островского, д. 31

Фахрутдинова Инесса Алековна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: fahinessa@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая д. 1

Архитектурные принципы формирования креативных пространств

Аннотация

Постановка задачи. В статье впервые рассмотрены принципы формирования «креативных пространств». Автором поставлена задача выявления основных архитектурно-градостроительных, архитектурно-планировочных и интерьерно-художественных принципов формирования «креативных пространств», основанных на проведенном автором анализе существующей литературы по формированию креативных территорий и натурному исследованию успешно функционирующих креативных площадок ведущих городов России (Москва, СПб., Казань).

Результаты. В результате исследования автором были выявлены основные принципы формирования креативных пространств. В работе представлены архитектурно-градостроительные, архитектурно-планировочные принципы и принципы художественного оформления.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении основных принципов формирования креативных площадок в городской среде. Материал может быть использован при проектировании данной типологии, а также для теоретического определения и понимания принципов формирования креативных пространств.

Ключевые слова: общественные пространства, креативные пространства, креативные индустрии, креативные кластеры, коворкинг, анти-кафе, образовательный хаб, лекторий, городская среда, арт-пространство, принципы формирования.

Введение

В последние годы в России возрос интерес к креативной экономике и развитию креативных индустрий – в регионах Российской Федерации, в том числе и в Республике Татарстан появилась потребность в создании все большего количества креативных площадок. Крупные из них в основном существуют при поддержке правительства, но все чаще стали появляться пространства, созданные на личные инвестиции бизнесменов. Это говорит о том, что интерес к созданию подобных площадок приобретает большие масштабы [1].

Креативные пространства – новообразовавшаяся группа пространств, относящаяся к типологии общественных пространств. На сегодняшний день она представлена в городской среде внушительным количеством успешно функционирующих площадок. Особенность креативных пространств в том, что эти площадки создаются для функционирования и развития на их базе креативных индустрий. Именно с этим феноменом связано образование креативных пространств в самостоятельную типологическую группу. Типологически креативные пространства еще не завершили процесс формирования и с каждым годом появляются проекты, достойные внимания и изучения с точки зрения архитектурно-планировочных решений, решений внутреннего пространства и функционального наполнения.

Затрагивая все сферы жизнедеятельности человека, креативные пространства стали появляться, как образовательные узлы, досуговые и деловые кластеры, группируясь в определенные модели, которые можно представить в трех основных модификациях: минимальной, максимальной и гибридной (рис. 1).

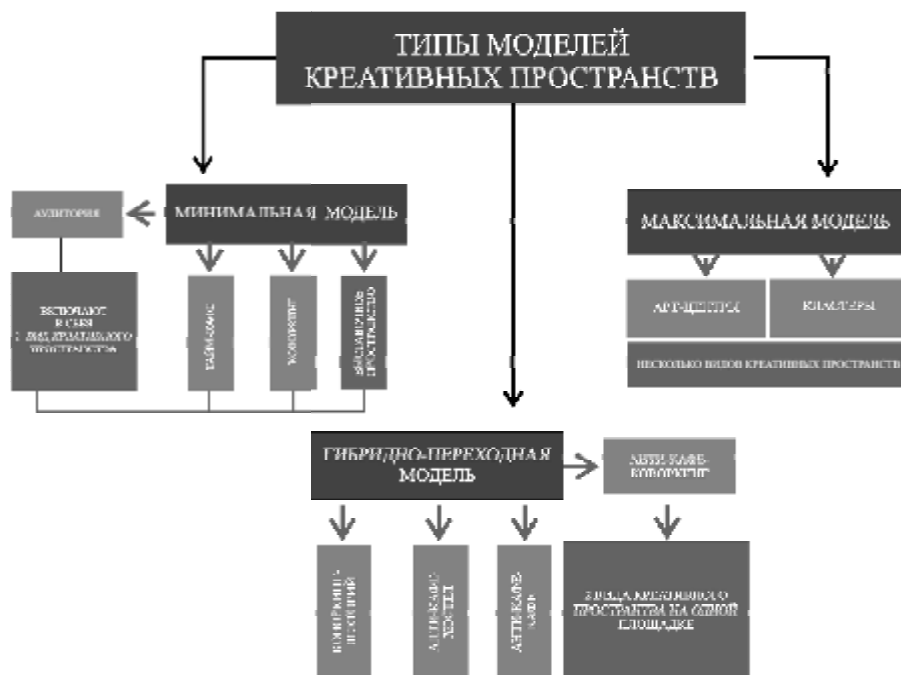


Рис. 1. Типы моделей креативных пространств (иллюстрация авторов)

Но, несмотря на широкий спектр существующих и создаваемых пространств, все креативные пространства придерживаются одних и тех же принципов, их можно выделить в основные блоки: архитектурно-планировочные, архитектурно-градостроительные, принципы художественного оформления, социальные принципы, экономические принципы.

В данной статье рассматриваются принципы, используемые при формировании архитектурно-градостроительного и архитектурно-планировочного решений креативных площадок.

Архитектурно-градостроительные принципы

Анализ успешно функционирующих креативных пространств позволяет выявить основные архитектурно градостроительные принципы:

– *локация, месторасположение креативных пространств в структуре города.* Большинство креативных площадок образуются в центральной части города и в районах, прилегающих к нему. Выбор площадки зависит от функциональных потребностей и спроса населения (рис. 2). Как правило, креативные пространства размещаются в структуре существующих общественных зданий, чаще на второй линии или внутри кварталов, и не примечательны снаружи, как, например, коммерческие заведения [2].

– *транспортно-пешеходная доступность* учитывается при создании креативного пространства так же, как и при проектировании любого другого общественного объекта. Уделяется внимание транспортной доступности и наличие автобусных остановок и других видов общественного транспорта (метро), но тем же временем их удаленность не регламентирована конкретными правилами.

– *симбиоз с объектами городской среды.* Креативные пространства, как новый тип общественных пространств формируются в общей структуре города, они используют уже существующие территории и застройку, тем самым внедряясь в городскую среду.

– *взаимодействие и расположение креативных пространств по отношению к городской застройке.* Авторы выделили 4 вида взаимодействия:

- 1) они интегрируются в существующий объект, занимая часть площади.
- 2) встраиваются и существуют автономно от общего функционального назначения объекта, его потоков и жизненных циклов.
- 3) занимают отдельностоящие здания, если имеют расширенный набор функций и помещений.

4) могут занимать целые кварталы в городской среде, формируя кластеры, состоящие из нескольких видов креативных пространств.

– *статус территории*. Креативные пространства стараются разместить на территориях с меньшей инвестиционной привлекательностью, так как исторически именно заброшенные непривлекательные территории с низкой арендной ставкой стали базой, где обосновалась творческая «богема» и где получили развитие креативные индустрии. Именно от атмосферы заброшенности и консервации привлекает творческих людей, они своего рода считают такие места источником вдохновения и объект выступает предметным доказательством истории и символизирует «память места» [3].

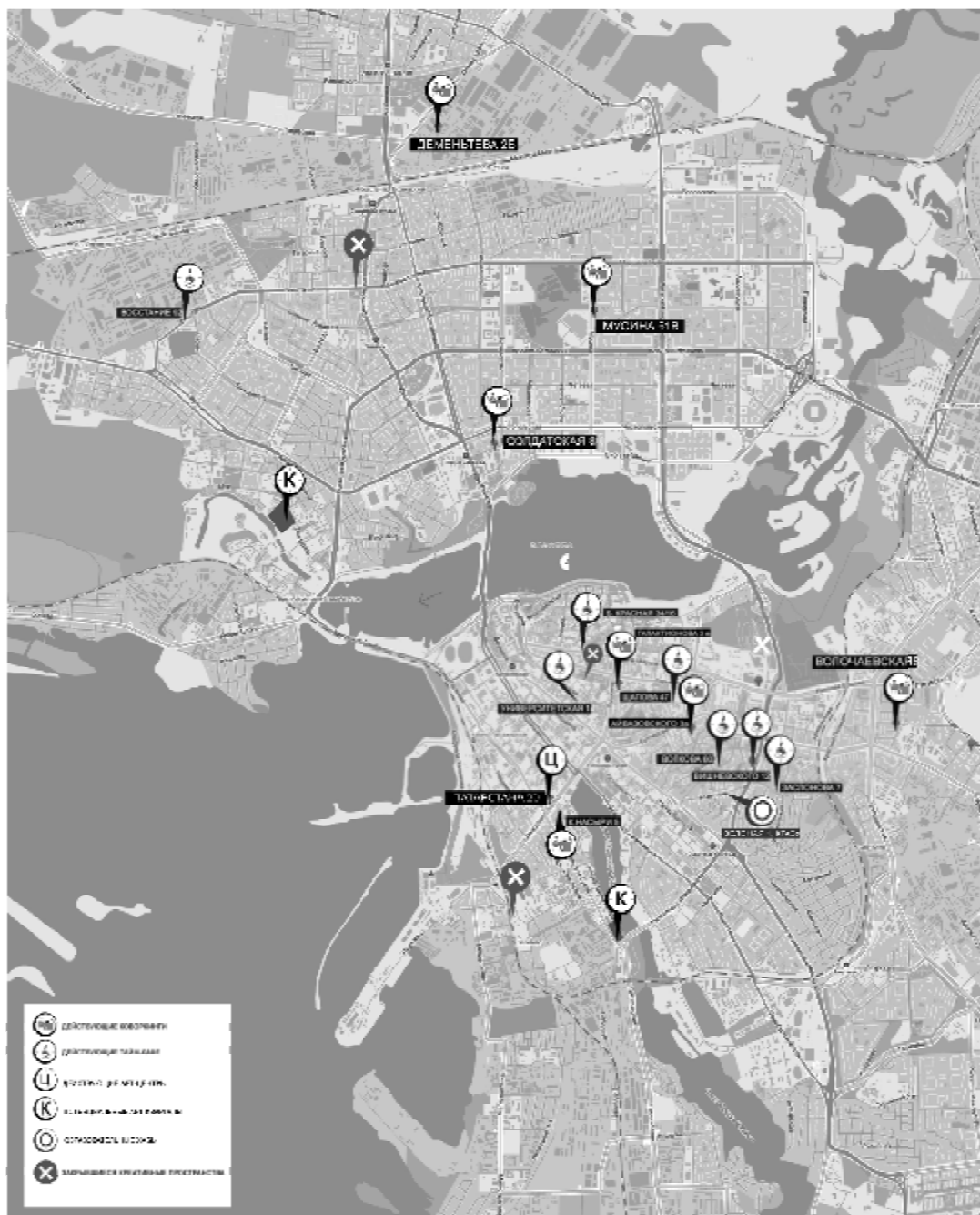


Рис. 2. Концентрация креативных пространств на примере г. Казань (иллюстрация авторов)

Архитектурно-планировочные принципы

Для креативных пространств важно организация рационального распределения функциональных зон, создание среды коммуникаций и комфортных условий пребывания

резидентов. В ходе исследования автором были выделены следующие архитектурно-планировочные принципы:

– *многофункциональность*. Отличительной особенностью креативных пространств является комплексный подход к организации – создание деловой среды, образовательной и досуговой, обеспечивающий эффективную деятельность и объединяющей пространственные, технологические, технические и эмоциональные параметры (рис. 3а).

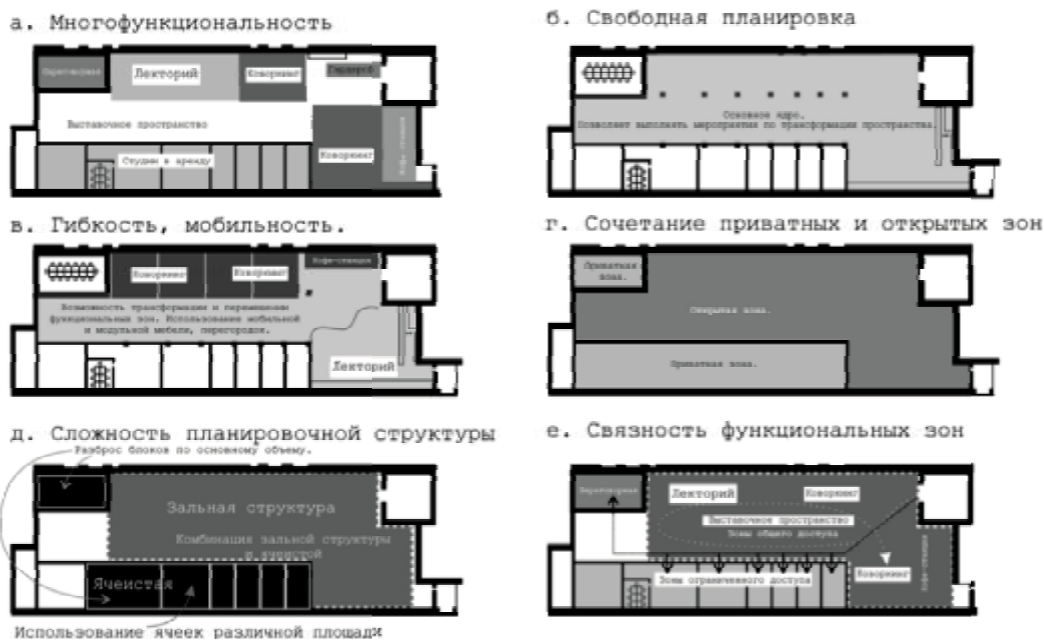


Рис. 3. Архитектурно-планировочные принципы формирования креативных пространств (иллюстрация авторов)

– *свободная планировка в формате openspace*. Свободная планировка является одной из основных принципов организации пространства, такой формат позволяет использовать пространство многофункционально. Рассматривая креативные пространства от минимальных площадей, можно заметить, что в основном ядре всегда имеется блок-помещение в формате openspace, он поддерживает тенденции организаций деловых пространств, является зоной коммуникацией в клубно-развлекательном формате и присутствует в лекториях и образовательных хабах, как пространства для проведения лекций и выставок (рис. 3б).

– *гибкость* – принцип формирования креативных пространств, дополняющий принцип свободного планирования. Подразумевает возможность трансформации пространств в зависимости от вида деятельности. Практика показывает, что свободная планировка и возможность ее трансформации востребована на сегодняшний день, так как современная культурная программа и функциональная насыщенность требует периодические изменения в пространстве, с помощью мобильных систем и визуальных элементов интерьера (рис. 3в).

– *сочетание частных и открытых зон* является одним из важнейших принципов при проектировании. Креативные пространства представляют собой пространство для коммуникаций различного типа – не только для коллективных и масштабных коммуникаций, но и для беседы для узкого круга людей, в том числе личных разговоров по телефону (в связи с развитием технологий и мобильностью этот тип коммуникаций становится все более актуальным и востребованным). Приватные и открытые зоны в креативных пространствах формируются с помощью планировочных приемов. Часть помещения проектируется открытой в формате openspace, а приватные зоны могут быть выделены как легким видом перегородок, так и с помощью визуальных приемов. Как правило, в различных видах креативных пространств, приватная зона выделяется и имеет статус приватности в разнообразных формах, зависящих от функционального назначения

креативного пространства. К примеру, приватная зона может быть представлена в виде переговорной для деловых встреч (стеклянное ограждение в общей комнате или отдельная комната) или приватная зона представляет собой зону отдыха, в которой можно провести неформальную беседу (рис. 3г).

– *сложность планировочной структуры*. Данный принцип в первую очередь позволяет отличить креативные пространства от классических общественных пространств. Креативные пространства, как правило, формируются не по принципу четких схем группирования помещений по линейной или ячеистой структуре. Креативные пространства проектируются всегда с долей сложности для возможности восприятия данного пространства с различных видовых точек, позволяющих выразить свою индивидуальность и креативную составляющую пространства (рис. 3д).

– *связность функциональных зон*. Функциональные зоны, распределенные в открытом пространстве креативной площадки, располагаются по группам, но в тоже время с визуальной связью для формирования положительного отношения друг к другу (рис. 3е).

Социальные принципы

– *принцип сотрудничества, синергии (соседские отношения)* первый социальный принцип при формировании в креативных пространствах атмосферы сотрудничества и добрососедства – именно современное соседское сообщество может сделать жизнь комфортнее, экономнее и веселее.

– *низкая степень регламентации к поведению* креативные пространства считаются площадками свободного самовыражения, именно поэтому не существует «жестких» правил поведения, главное правило – это уважение друг к другу – это определяет все остальные действия резидентов, так как в основе всех социальных принципов находится «доброе соседство». Создание пространств многообразия, сочетающего в себе различные приватные и открытые зоны, помогают резиденту самостоятельно определять свое поведение и выбрать нужное для конкретного случая (тихие зоны, мягкие зоны).

– *создание коммуникаций между разными социальными группами*. Креативные пространства перенимают одну из самых главных функций публичных пространств – это взаимодействие людей между собой и выстраивание коммуникаций, в то время как классические публичные пространства, по мнению некоторых исследователей, утрачивают эту функцию. Креативные пространства – площадка и место встречи людей нового поколения креативной формации, жаждущих новых знаний и практики, стремящихся получить больше информации и обменяться опытом именно на территории креативных пространств, так как именно там сконцентрированы одни из самых активных и идущих в ногу со временем специалистов. Здесь люди самых разных профессий и компетенций проводят лекции, выставки, семинары и воркшопы и готовы к общению с аудиторией. Коммуникация происходит как через общение, так и через визуальное восприятие экспозиций выставки или приобретение книг. Креативные пространства, как правило, работают целый город, открыты для каждого горожанина независимо от того, чем он занимается и какой имеет статус – каждый найдет тему для души и компанию для обмена мнениями и получения новой информации [5].

– *принцип игры*. Повторяя принцип существования третьего места, креативные пространства также базируются на принципах игры. Игровая концепция современной цивилизации, как возможность некоторой свободы действий и многообразия времяпрепровождений, выражается как в содержательных программах креативных программ, формах общения между резидентами, так и в художественном выражении оформления пространства.

– *неформальное общение* (третье место по Ольденбургу). Неформальное общение во многом располагает и раскрепощает человека для создания коммуникации, а коммуникация между людьми это главное, что поддерживает существование сообществ и потребность в публичных пространствах.

Объединить участников для достижения цели возможно в случае, если существует некое пространство для их взаимодействия. Ч. Лэндри говорит о городских центрах, в которых формируется городская общность и складывается самосознание горожан.

Городской центр способен устранить пространственную изоляцию социальных классов, помогая людям разных сословий, этнических групп и образов жизни взаимодействовать друг с другом. Подобные центры содействуют формированию творческих идей, позволяя одновременно отдохнуть и ощутить воздействие иной среды. Социолог приводит и примеры того, что может послужить такими центрами. Это могут быть кафе, клубы, бары, места проведения конференций и лекций – любые места, где горожанам предоставляется возможность оказаться в общественном пространстве. Также здесь упоминается и киберпространство, существование которого стало реальным благодаря Интернету. Город также должен обладать качеством и доступностью различных объектов и услуг, в особенности быть готовым предоставить исследовательские возможности, информационные ресурсы и объекты культуры [6].

– *возможность обмена опытом между резидентами.* Когда креативные люди собираются вместе, то обмен идеями между ними осуществляется намного легче, вследствие чего их индивидуальные и совокупные способности возрастают, а конечный результат значительно превосходит сумму его составляющих. Подобная кластеризация делает более продуктивными людей, а вместе с тем и место их работы, соответственно коллективная креативность и экономическое богатство растут.

– *возможность создания междисциплинарного продукта и идей.* Прежде всего, креативные пространства позволяют встречаться на своей территории представителям разных профессий и способствуют объединению их творческих инициатив, потенциалов, идей. Данную функцию можно назвать коммуникативной, креативные пространства способствуют сближению единомышленников и обмену идеями, хотя, на первый взгляд, их формы бизнеса различаются.

– *непрерывная коммуникация между резидентами* креативных пространств. Е. Филимонова, один из создателей проекта «Ткачи», считает одним из достоинств креативных пространств то, что у арендаторов этажей в здании отсутствует единая концепция. Именно сочетание различных сфер деятельности делает пространство многогранным и интересным. Тем не менее, на территории таких объектов не представлен чистый бизнес, не имеющий креативной и event составляющей: страхование, банки, любое производство и т.п.

– *наличие культурной программы.* Креативные пространства тесно соприкасаются с культурной сферой, зачастую являются новыми центрами искусства – на территории креативных пространств часто проводятся выставки художников, музыкальные выступления, театральные постановки, показы кинофильмов и литературные чтения. Включение этих процессов в функционирование креативных пространств подтверждает мнение А. Славянской о том, что современная культура в наше время становится бизнесом – прибыльным, малоодоходным или дотационным. Поэтому культура также требует организации и управления, которые осуществляются креативными пространствами [7].

Принципы художественного оформления

– *местная самобытность* – это традиции и колорит местности. Наличие своих культурных традиций может обусловить их проявлению в общественных пространствах города. Местный промысел, сложившийся тип застройки или сложившиеся традиции могут послужить отправной точкой для креативной индустрии, позволяя создавать уникальные продукты, в том числе интерьеры для демонстрации региональных особенностей.

– *предметно-информационное наполнение.* Наличие информационных стендов в интерьере и визуальная концепция интерьера служит приемом культурного обогащения резидентов и наращивания креативности через дополнительную информацию и новые тренды.

– *наличие зон с различной эмоциональной окраской (активные и нейтральные).* В зависимости от видов деятельности, происходящие на базе креативного пространства, интерьеры решаются таким образом, чтобы положительно влиять на процессы и виды деятельности, происходящих в пространствах. С помощью колористики, предметного наполнения и решения планировочной структуры выделяются активные и тихие зоны, деловые и для неформального общения и т.д. [8].

– открытость через визуальные связи. Креативное пространство, организуясь по принципу *оренспаре*, позволяет делать помещение воздушным, связывая между собой происходящие в нем процессы и в совокупности определяя креативное пространство именно креативным, что позволяет его отличить от классических видов публичных пространств.

– *многогранность художественных трактовок*. Сложность организации пространства, использование визуальных приемов и предметов интерьера, разделяющих пространство, небанальное функциональное зонирование и планировочная структура и использование новых художественных течений, позволяют видеть множество образов в интерьерных решениях, увлекая взгляд резидента на поиск новых и новых форм и образов, что помогает ему развивать фантазию и собственную креативность [9].

– *стилистическое многообразие*. Художественное решение от ретро до модных направлений, применяемых в креативных пространствах, поддерживают принцип стилистического многообразия. Для оформления интерьера креативных пространств в зависимости от назначения помещения применяется различные стили. Но их все объединяет креативный (новаторский) уровень задумки интерьера, призванный нести информацию через визуальный концепт помещения для того, что креативный класс почерпнул для себя что-то новое и был вдохновлен на творчество, т.е., по качеству стилового оформления креативное пространство должно соответствовать креативному классу [10].

– *инновационность* – креативные пространства являются результатом развития креативных индустрий и тем самым подтверждают экономический и технический прогресс. Применение в креативных пространствах инновационных предметов интерьера, инженерных систем и приемов инновационности является важным принципом при создании креативного пространства, так как креативные пространства – это показатель становления новой информационной и технологической эпохи.

Заключение

Значимость полученных результатов данного исследования для архитектуры состоит в выявлении принципов формирования креативных пространств, распределение их в основные блоки и подробное описание каждого из принципов. Материалы данной публикации могут лечь в основу проектирования креативных пространств и быть использованы в учебном процессе студентов, обучающихся по направлению «Архитектура».

Список библиографических ссылок

1. Новиков С. В., Денисенко Е. В. Реорганизация учебных архитектурных пространств : сб. тез. 70 Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства / КГАСУ. Казань, 2018. С. 192.
2. Матушевский Н. Как создать востребованное креативное пространство: рассказывает владелец дизайн-завода Flacon // Inc : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://incrussia.ru/understand/kak-sozdat-vostrebovannoe-kreativnoe-prostranstvo-rasskazyvaet-vladelets-dizayn-zavoda-flacon/> (дата обращения: 10.10.2018).
3. Афанасьев Г. Креативная территория. Принципы построения // eRazvitie.org : интернет-изд. 2014. URL: <http://erazvitie.org/article/creative-territory2> (дата обращения: 10.10.2018).
4. Кургалин С. Д., Шершень И. В. Формирование креативной образовательной среды в вузах // Вестник ВГУ. 2016. № 1. С. 73–78.
5. Зиятдинов Т. З., Егоров Е. С. Принципы формирования креативных пространств (на примере комплекса «Чистые пруды») // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 1. С. 327–335.
6. Елисеева Е. В. Креативные пространства как новый параметр городской жизни // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2016. № 3. С. 230–234.
7. Овсова Д. А., Бирюкова А. Д. Креативные пространства в городской среде и их влияние на формирование имиджа города // Социальные науки. 2017. № 4 (19). С. 117–127.

8. Virani T., Malem.W. Re-articulating the Creative Hub Concept as a Model for Business Support in the Local Creative Economy: The Case of Mare Street in Hackney // Creativeworks london working paper. 2015. № 12. P. 1–29.
9. Hans-Dieter Evers Knowledge Hubs and Knowledge Clusters: Designing a Knowledge Architecture for Development. Bonn, 2008. 21 p.
10. Matheson J., Easson G. Creative HubKit // British council : internet-edit. 2015. URL: <https://creativeeconomy.britishcouncil.org/blog/15/06/28/creative-hubkit-made-hubs-emerging-hubs/> (дата обращения: 12.10.2018).

Tukmakova Miliausha Ilgisovna

architect-designer

Laboratory for designing public spaces «K.Urban-bayram space»

E-mail: miliushka@list.ru

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Ostrovskogo st., 31

Fakhrutdinova Inessa Alekowna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: fahinessa@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architectural principles of the formation of creative spaces

Abstract

Problem statement. Formulation of the problem. The article first discusses the principles of the formation of «creative spaces». The author has set the task of identifying the main architectural, town-planning, architectural-planning and interior-artistic principles of the formation of «creative spaces» based on the analysis of the existing literature conducted by the author on the formation of creative territories and a full-scale study of successfully functioning creative sites of leading cities of Russia (Moscow, St. Petersburg, Kazan).

Results. As a result of the study, the author identified the basic principles of the formation of creative spaces. The paper presents the architectural and town planning, architectural and planning principles and principles of artistic design.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in identifying the basic principles of the formation of creative sites in the urban environment. The material can be used in the design of this typology, as well as for the theoretical definition and understanding of the principles of the formation of creative spaces.

Keywords: public spaces, creative spaces, creative industries, creative clusters, coworking, anti-cafes, educational hub, lecture hall, urban environment, art-space.

References

1. Novikov S. V., Denisenko E. V. Reorganization of educational architectural spaces: Coll. tz. 70th International Scientific Conference on Architecture and Construction / KGASU. Kazan, 2018. P. 192.
2. Matushevsky N. How to create a sought-after creative space: says the owner of the design factory Flacon // Inc: daily : internet-ed. 2017. URL: <https://incrussia.ru/understand/kak-sozdat-vostrebovannoe-kreativnoe-prostranstvo-rasskazyvaet-vladelets-dizayn-zavoda-flacon/> (reference date: 10.10.2018).
3. Afanasyev G. Creative territory. Principles of construction // eRazvitie.org : internet-ed. 2014. URL: <http://erazvitie.org/article/creative-territory2> (reference date: 10.10.2018).
4. Kurgalin S. D., Shershen I. V. Formation of a creative educational environment in universities // Vestnik VSU. 2016. № 1. P. 73–78.

5. Ziyatdinov T. Z., Egorev E. S. Principles of formation of creative spaces (on the example of the «clean ponds» complex) // Education and science in the modern world. Innovation. 2017. № 1. P. 327–335.
6. Eliseeva E. V. Creative spaces as a new parameter of urban life // Bulletin of young scientists of St. Petersburg State University of Technology and Design. 2016. № 3. P. 230–234.
7. Ovsova D. A., Biryukova A. D. Creative spaces in the urban environment and their influence on the formation of the image of the city // Social Sciences. 2017. № 4 (19). P. 117–127.
8. Virani T., Malem. W. Re-articulating Business in Hackney // Creativeworks london working paper. 2015. № 12. P. 1–29.
9. Hans-Dieter Knowledge Hubs and Knowledge Clusters: Designing a Knowledge Architecture for Development. Bonn, 2008. 21 p.
10. Matheson J., Easson G. Creative HubKit // British council : internet-edit. 2015. URL: <https://creativeconomy.britishcouncil.org/blog/15/06/28/creative-hubkit-made-hubs-emerging-hubs/> (reference date: 12.10.2018).

УДК 712.253; 008.2

Тычинина Анастасия Сергеевна

архитектор

E-mail: nastatntt@yandex.ru**ООО «СПиЧ»**

Адрес организации: 127473, Россия, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16

**Архитектурная концепция универсальной площади,
как энергетического пространства****Аннотация**

Постановка задачи. Цель исследования – выявить принципы для разработки архитектурной концепции универсальной площади на основе символов и природных элементов, по примеру устройства планеты, по расположению и очертанию материков на карте мира. Путем синтеза геометрии и живой природы, создать благоприятное для человека пространство.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке концепции проекта универсальной двухуровневой площади, как энергетического пространства, для восстановления сил и энергии организма человека. Архитектурная организация пространства сочетает четыре природных элемента: устройство водных каналов и каскадов как элемент воды, применение зеркальных поверхностей – элемент огня, вертикальное озеленение – земля, прозрачные перекрытия и отсутствие стен – воздух.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в появлении новой формы организации пространства, влияющей на общий уровень развития личности. «Ничто, рождаемое на свет, не может быть ни полностью новым, ни полностью совпадающим со старым. По вкусу и склонности – или следуя духу времени, родитель всегда имеет возможность представить плод свой в ключе новации или в ключе традиции, как дерзкое новшество или бережное блюение древних заветов» С.С. Хоружий «О старом и новом».

Ключевые слова: концепция, куб, шар, строение земли, двухуровневая площадь, универсальная площадь, архитектурная организация пространства, энергетическое пространство, карта мира, место силы, ботанический сад, водный каскад, символы в архитектуре.

Введение

Во всем мире не зависимо от границ, ставятся задачи глобального масштаба по поиску энергии, продлении жизни, сохранении мира и счастья. Хотя многие политики и пытаются управлять этими общественными процессами в целом, но часть этих задач невозможно решить коллективно, на государственном уровне. Наоборот, если каждый найдет решение для себя самостоятельно, то и социум в целом будет более устойчив. Возможно лишь помочь создать условия для всестороннего развития и расслабления в том числе.

Сохранение концентрации, взаимодействие с окружающими на любом социальном уровне, не испытывая раздражения и негатива. Поиски счастья близки к поискам энергии. Развитие и перемешивание всех сфер жизни, быстрые ритмы и информационная среда, заставляют людей искать альтернативные источники энергии для себя. Эти проблемы становятся уже не общественно социальными, а общественно индивидуальными. То есть каждый только сам может ответить на свои вопросы, при этом мы неотделимы от общества. Речь идет не об остановке, а о полезной паузе, намеренном расслаблении. Выбирая свой путь, мы осуществляем постоянное движение, будь то физическое, эмоциональное, духовное. Но идут все, а путь у каждого свой, и при пересечении наших «дорог» возникают вопросы. Можно смотреть такие понятия узко и буквально, но они подходят ко всем мировым процессам. И место для поиска решений тоже должно быть «весь мир».

Познание себя через познание мира или познание мира через познание себя. Создание искусственной среды, но в ее изначальном проявлении. По простым принципам и из максимально укрупненных геометрических форм представляем пространство, по

подобию природы всей земли. То есть напоминающей устройство и строение планеты в целом, совместив элементы огня, воды, воздуха и земли. Все древние символы содержат информацию о проявленном мире и о месте человека в нем. Все есть энергия, вибрация, гармония, и все есть геометрия [1].

Сочетание символов и природных элементов структурирует энергию, возвращая ей истинное движение. Соответственно для человека, попавшего в такое пространство, ощущается свобода от психоэмоционального давления мыслей других людей, проблем, которые являются неизбежной частью среды мегаполисов. В безлюдном пространстве природы легко, приходят новые силы и идеи, потому что там правильная структура энергии, свои силы направляются внутрь и организм аккумулирует все процессы. Древнегреческий философ Гераклит утверждал, что «скрытая гармония сильнее явной». В учении Гераклита есть элементы интуитивного постижения сути вещей. В наше время этот тезис получил научное подтверждение, основанное на изучении процессов возбуждения в мозгу. Психоэмоциональное восприятие природной среды оказывает влияние на состояние всего организма. Линия, цветовое пятно, звучащая нота могут тревожить, успокаивать, раздражать, радовать, т.е. вызывать эмоции. Поэтому восприятие природной среды как прекрасного способствует улучшению общего состояния человека [2].

Жизнедеятельность социума регулярно провоцирует на решение новых и новых задач, и архитекторам, профессиональной обязанностью которых является их реализация, необходимо изобретать методы решения этих задач. Создается впечатление рождения новейшей архитектуры, но, несмотря на возникновение новых функциональных потребностей, проблемы, связанные с жизнью человечества традиционно остаются прежними [3].

Понятие «Человеческий масштаб» остаётся в границах классической философской парадигмы, где человек находится в центре мирового пространства (космоса). Нынешние постмодернистские представления о мироустройстве смещают человека с признанной позиции, лишая его прежней природной сущности, превращая его в обезличенную «структуру» [4].

Изучив и проанализировав научные работы Горшковой Г.Ф., можно сделать вывод, что архитектура, определяет границу объемного формообразования, оперирует связями и взаимодействиями между миром видимым (объектным) и миром невидимым (субъектным) [5]. Архитектура – вид искусства, формирующий среду обитания человека, а глобально человек живет на всей земле, независимо от границ и континентов. Это побудило думать о месте, где человеку проще находить ответы на его внутренние вопросы, взаимодействуя в гармонии с миром, познавать новые стороны своей индивидуальности.

Создание архитектурного макета планеты дает возможность личности ощутить свою привязанность и причастность ко всему миру, по средствам созерцания непрерывного естественного движения и преобразования природы на контрасте с неподвижным общим каркасом. Неподвижное напряжение быстро приводит к усталости глаза, и ему требуется постоянная смена изображения на сетчатке. Поэтому непроизвольно осматривая неподвижный предмет или образ, человек беспрерывно переводит взгляд на разные его участки [6]. С учетом психологических особенностей во избежание статичности проектируем ограждения из живых цветущих растений. По аналогии с цветом, обозначающим на карте мира высоту суши над уровнем моря, цветы будут расположены по радуге. Цвет воздействует на человека двумя способами: через глаза и через кожу. В первом случае возникает химическая реакция, в результате которой электрические импульсы стимулируют нервную систему. Когда этот процесс достигает мозга, в организме начинают вырабатываться благотворные гормоны. Во втором случае направленный на тело цветовой поток добирается через ткани до органов, питая их нужной энергией и восстанавливая биоэнергетический уровень организма [7].

Архитектурная концепция

Для создания новой архитектурной концепции универсальной площади, как энергетического пространства выберем название «вОмрам». Ом – это сакральный звук Вселенной; Ра – видимый свет, рожденный из звука и движения.

Линейный контур чертежа, проявляет идеальную структуру пространственного замысла и предопределяет последовательность в дальнейшей материализации будущего объекта. Графическая проекция, фиксируемая в чертеже, есть стадия проявления виртуальной структуры пространства в реализованной, объективной форме. Плоские изображения, по которым выстраивается архитектурный объект, несут в себе зашифрованную программу не только внешних границ объемной формы, но и внутреннего, смыслового содержания объекта [5]. Сочетание древних символов круга и квадрата, и переход одного в другой рождает много вариантов членения форм для дальнейшего развития.

Основная задача заключается в переходе с шара на прямолинейную поверхность. Для шара все проекции на плоскости и объемное изображение представляют одинаковую фигуру – круг. У куба объемное изображение отличается от плоского квадрата. В плоскости круга описываем квадрат. На трехмерном изображении получаем шар, вписанный в куб (рис. 1).

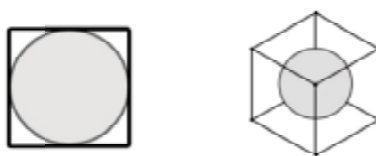


Рис. 1. Изображение вписанного круга на плоскости и в объеме (иллюстрация автора)

При этом куб можем поставить на плоскость в аксонометрии или подвесить в пространстве. Не меняя свойств фигуры, мы изменили ощущения восприятия (рис. 2).

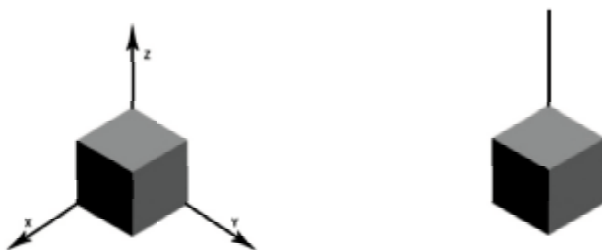


Рис. 2. Схема фиксации изображений куба (иллюстрация автора)

Идея создания трехмерного плана, не как проекцию грани куба на горизонтальную плоскость-квадрат, а проецируя все ребра куба, подвешенного за вершину на горизонтальную плоскость – получаем совершенно иную плоскую фигуру – шестиугольник (рис. 3).



Рис. 3. Шестиугольник, вариант изображения проекция куба (иллюстрация автора)

Для перехода от плоского изображения к объемному, необходимо движение. В природе – это придание жизни, возможности развития. Трехмерное развитие по спирали – золотое сечение [8], в котором конец и начало являются в одной точке, разделенные промежутком времени, затраченным на прохождение цикла развития.

Визуально можно показать объем путем изменения угла зрения, диметрия или перспектива. Или ассоциативно заменив точку центра динамической спиралью (рис. 4).

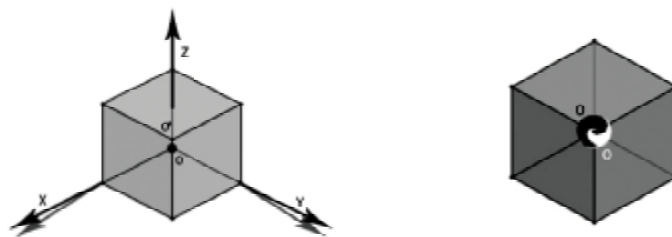


Рис. 4. Варианты визуального восприятия объема куба (иллюстрация автора)

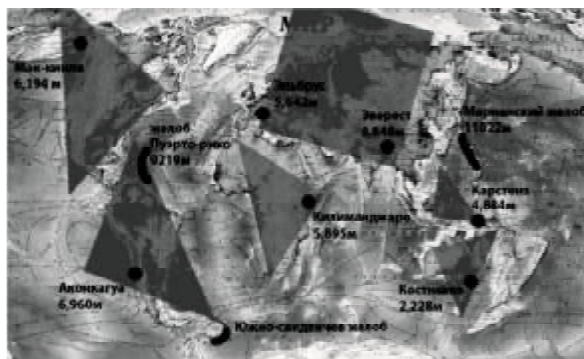
В том и в другом случае точка O никогда не совпадет с точкой O' . При любом колебательном движении центр тяжести превращается в пустое пространство (центробежная сила). Возникновение пустого центра и дает дополнительное развитие. Таким образом, в архитектуре комплекса вОмрам возникает две оси, горизонтальная – на плане совпадает с диагональю куба, и вертикальная – ось всего объема, при этом визуально центр свободен и не имеет центральной опоры. Центральная точка любого пространства всегда предназначена для фиксации проекции небесных (духовных) сил или как стартовая опора для подъема земных энергий на недостижимую духовную высоту [9].

Идея в создании места аккумуляции силы земли и человека – воссоздать архитектурную структуру развития, по существующим визуальным моделям Планеты Земля, картам мира и глобусу. Представив основные объемы как простые геометрические фигуры, выстроить их в пространстве и в форме, поддерживающей принцип спирального развития. Так как форма спирали – мощный энергоизлучатель, аккумулирующий энергию пространства [1].

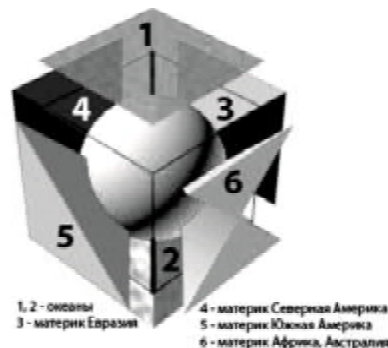


Рис. 5. Схема деления куба на пирамиды (иллюстрация автора)

Условно разделим объём куба на шесть пирамид, грани куба – это основания пирамид, а вершины направлены в центр (рис. 5). Заменяя точку центра пространством (кругом), условно пирамиды начинают раздвигаться и трансформироваться. Анализируя очертания материков на картах мира, учитывая характерные высотные отметки, укрупняем их до правильных геометрических фигур (рис. 6а).



а)



б)

Рис. 6. а) Карта мира с максимальными и минимальными отметками материков и океанов;
б) Схема деления оснований пирамид (иллюстрация автора)

Совместив диагональ куба с осью Земли, делим основания пирамид в соответствии с фигурами на карте на океаны и материки. Верхняя и нижняя пирамиды 1 и 2 с целыми основаниями – океаны. Четыре боковые пирамиды 3, 4, 5, 6 (рис. 6б) делим, подбирая условно укрупнённые деления $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ основания. Условно пирамида 3 – целая с четырех угольным основанием (Евразия), пирамиды 4 и 5 делим пополам, получаем треугольные основание с вершинами в центре (континенты Северной и Южной Америки). Основание пирамиды 6 делим на четыре части: $\frac{1}{4}$ основания – Африка, оставшуюся четверть делим пополам $\frac{1}{8}$ основания – Австралия, при следующем делении получаем островные страны Океании. Последующее деление граней и плоскостей, в соответствии с реальным рельефом будет скруглять углы пирамид, и приближать их к сфере. Соотношение частей воды и суши в проекте 3,5 на 2,5. В природе это соотношение 2 к 1. Условно оставляем разницу на моря и прочие акватории на материках.

Архитектура

Площадь вОмрам состоит из двух уровней с круглым открытым атриумом. В плане это шестиугольник (рис. 7), с вписанным по кругу водным каналом, в центре – каскад для придания непрерывного движения, по аналогии с мировым океаном.



Рис. 7. Общие виды двухуровневой площади вОмрам (иллюстрация автора)

Площадь всей территории 880 м²

Площадь застройки 555 м²

Общая площадь 743 м² в т.ч.:

- 1 уровень 383 м², включая водный канал – 20 м²
- 2 уровень 360 м², включая водный канал – 40 м²

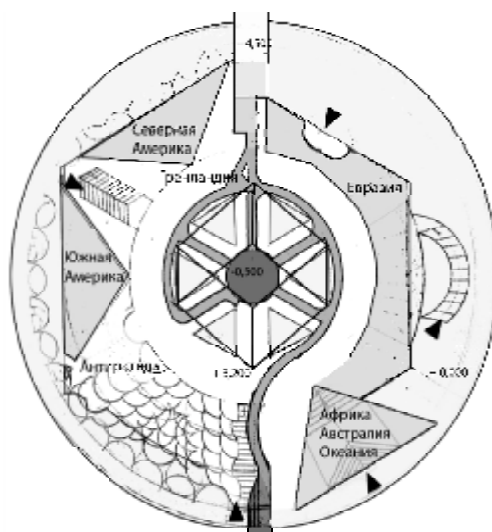


Рис. 8. Схема генплана комплекса с названиями континентов (иллюстрация автора)

На плане в левой части (рис. 8) расположены два объема – материка Южной и Северной Америки, объемы имеют один этаж и развиваются в плане 2/6. Правая часть выполнена как проекция в объеме, смещение плана на фасад. Единый объем, занимающий 2/6 плана, как развертка граней пирамиды ассоциативно включающий в себя Евразию и Индию, большая часть «материка» переходит на фасад. Площадь плана становится поверхностью фасада (рис. 9). Так же Африка, Австралия и страны Океании, занимающие 1/6 плана и два этажа в объеме. Два уровня атриума и юго-западный сектор плана 1/6, представляют проекцию океанов.



Рис. 9. Схемы фасадов с названиями континентов (иллюстрация автора)

Объемно-планировочная структура

На первом уровне на отметке 0.000, по периметру с трех сторон расположены открытые залы – рекреации и, смежные с ними, главные входы (рис. 10а). В средней части, атриум, в котором расположены по окружности шесть треугольных клумб по 10 м² каждая – как основа ботанического сада. В центре находится круглая чаша с водой, в которую попадает каскад со второго уровня (+3.200). Из чаши вода вытекает по каналу вдоль оси на юг. Доступ к центру осуществляются по шести проходам, между клумбами, с колоннами по сторонам несущими стеклянное перекрытие. Отделка колонн зеркалами в центре, усилит эффект от стекающих струй воды. Колонны среднего кольца будут иметь белый цвет, он заряжает энергией и очищает, а колонны расположенные по периметру – черный. Черный – как конечный пункт темноты. Это не цвет, потому что черный поглощает свет. Являясь противоположностью белого цвета, играет огромную роль в нашей жизни. Уравновешивает белый цвет, вызывает чувство защищенности, утешения, ощущение тайны, он связан с тишиной и бесконечностью [6].

В левой части, согласно концепции, объемы имеют один этаж и на отметке 0.000 предусмотрена подпорная стенка при естественном перепаде высот, предполагая размещение на склоне возле водоема.

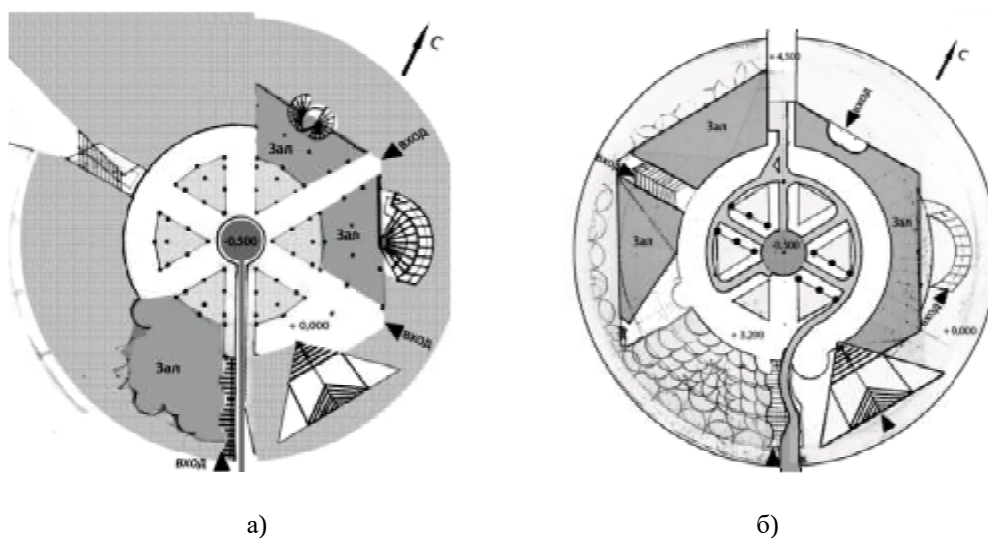


Рис. 10. Схемы планов первого (а) и второго (б) уровня площади (иллюстрация автора)

На втором уровне комплекса на отметке +3.200, по периметру располагаются открытые залы-галереи, общей площадью 140 м² (рис. 10б). Внешнее ограждение залов из вертикальных и прямолинейных конструкций. Ближе к середине, в плане появляется круговой обход шириной 2 м, со встроенным, в уровне пола, водным каналом шириной 0,5 м. Общий диаметр водного канала – 12 м. От канала ведут пять протоков к центральному отверстию диаметром 3 м. Вода по протокам стекает в центр и образует каскад из пяти струй, которые падают в чашу на отметке 0.000. Глубина водных каналов переменная до 0,5 м и общий уклон 1 %, уровень воды около 1 см. Вдоль протоков, с обеих сторон, запроектированы узкие проходы (0,8 м). Треугольные участки между проходами, находящиеся над клумбами первого уровня, заполнены растянутой сеткой. Это позволит лучам света проникать на первый уровень и питать растения, а так же обеспечит безопасность для посетителей. Используя эти участки с сектой, в качестве гамаков, посетители будут иметь возможность занять удобное положение в пространстве, для более полного погружения в себя.

Перекрытия в этой зоне выполнены из светопрозрачных материалов. С юго-востока на северо-запад проходит экватор, соответственно этому по сторонам переходов установлены вертикальные элементы – стелы, золотого цвета, соосно колоннам первого этажа. Для подъёма на второй уровень площади вписаны пять лестниц. Форма и расположение маршей и ступеней создались на основе символов архитектуры древних цивилизаций, существовавших на этих континентах. К функции лестниц добавляется эстетическая сторона и лестницы становятся самостоятельными архитектурными объектами. Усиливает эффект покраска их в золотой цвет.

При применении живописного стиля в архитектуре, происходит некая трансформация в видении и изображении видимого. Контур глазу безразличен, предметы видятся как пятна. Формы умножаются, а это, в свою очередь, способствует созданию иллюзии движения масс, стена будто вибрирует, все элементы пространства наполнены движением. Вещь (объект) расплывается в безграничном пространстве – происходит смена видения, причастия себя к данному месту, когда объект существует только вместе с наблюдателем [10].

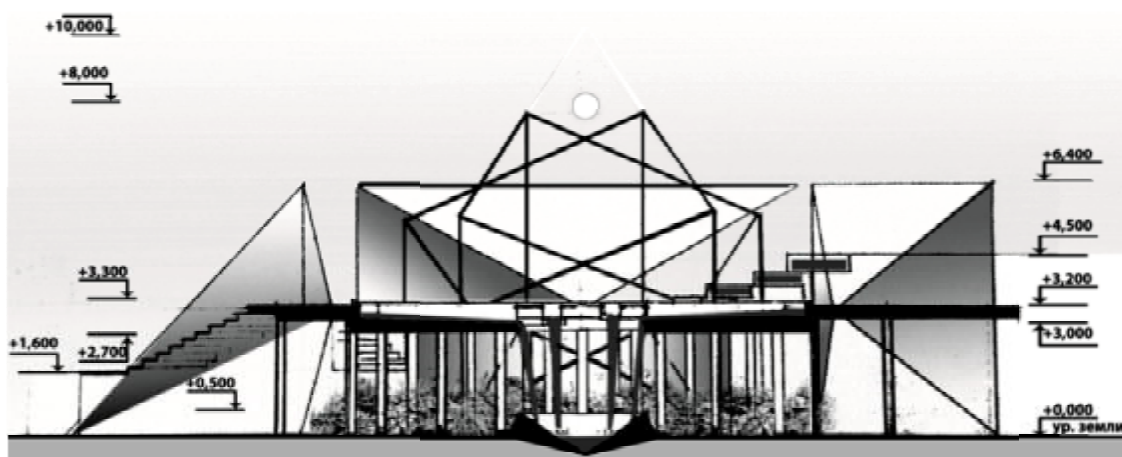


Рис. 11. Схема продольного разреза (иллюстрация автора)

Ограждающие конструкции заполнены вертикальным озеленением, как часть ботанического сада, при этом внутреннее пространство перетекает во внешнее. За счет правильных форм и центричной уравновешенной композиции, внутри создается благоприятная атмосфера. В то же время энергия постоянно обновляется за счет проникающего ветра, протекающей воды, отражения солнечных и лунных лучей.

Центральная вертикальная ось – пустой центр, венчается зеркальной сферой диаметром 1 дм, подвешенной на отметке 8 м, и символизирует энергию света, в дневное

время отражает свет солнца, а ночью – луны. Рассеянные блики создают видимую ауру площади вОмрам. Для закрепления верхней точки на отметке 10 м, устроена легкая стержневая конструкция в виде двух равных кубов, разного света – синего и оранжевого, символизирующие единство и противоположность (рис. 11). Вершины кубов закреплены по горизонтальной оси с полюсов зеркально, на втором уровне +3.200. Ребра граней кубов расходятся в три стороны, пересекая атриум и объединяя двухуровневое пространство.

На севере расположен источник (+4.500) из которого вода попадает в каналы. На юге, устроен каскад, по которому вода со второго уровня (+3.200) стекает вниз, и, соединяясь с вытекающей водой на отметке 0.000, уходит из комплекса. Вода, пройдя через каналы комплекса вОмрам и отдав свою чистую энергию, утекает в исходный природный источник (река, ручей). Вода, спускаясь с гор, несет в себе чистую и правильную структуру и является энергией, используя ее в получении электричества, мы также можем получать жизненную энергию для людей.

Вокруг комплекса, непосредственно перед вертикальными плоскостями фасадов, запроектированы водные зеркала. Это большие плоские чаши для воды глубиной 1-2 см, отражение неба в них создает впечатление парящего в воздухе объема.

Несущий каркас – стоечно-балочная конструктивная схема, колонны 200×200 мм с переменным шагом 1,5 и 2,5 м, перекрытие по балкам из прозрачных плит. Жесткость конструкции обеспечит устройство в перекрытии центрального открытого желоба для воды, квадратного сечения глубиной до 0,5 м. Ограждающие конструкции – металлокаркас, с прямолинейными членениями шагом 0,8-1 м, которые ассоциируются с твердыми породами земли, строением кристаллических решеток. Черный цвет усилит видимый скелет. Для заполнения используем вертикальное озеленение, как часть ботанического сада – устройство живой изгороди из цветов, сочетая их по радуге. Элементы для клумбы – из вторично-переработанных полимеров. Лестницы с деревянными ступенями покрыты золотом. Отделка пола на первом этаже, а также часть подпорных стенок и дно чаши каскада из цветной мозаики. В холодное время года, в ограждениях растения заменяются на цветные светопрпускающие панели.

Заключение

Человеческая энергия и аура в пространстве комплекса вОмрам нормализуется, структурируется, возрастает, восполняется и положительно влияет на микроклимат всего открытого пространства, всхожесть и рост культурных растений, чистоту и прозрачность воды, самоочищение, накопление общего положительного фона на территории. За счет проведения энергетических самопознающих практик (медитация, йога, искусство) аспект человека благотворно включается в систему, и место становится Местом Силы!

Духовно-материальная целостность (художественность) объекта достижима лишь на основе призвания, опирающегося на интуитивное знание и воображение как умение соединить формы внешнего мира с собственными представлениями о форме и вызвать их дальнейшее развитие, которого ранее не было дано в общем виде. Истина возникает тогда, когда понятие «принимает форму и становится образным» [10].

ВОмрам является новым архитектурным объектом – площадью, местом сочетания в архитектуре исторических символов разных цивилизаций, ботанического сада, вертикального озеленения, водонапорных сооружений, каскадов и водных зеркал.

Строительство такой площади возможно на различных территориях, как самостоятельного объекта, или как часть рекреационной зоны оздоровительных или детских комплексов.

На базе этого принципиально нового комплекса создаются условия для:

- выявления и развития способностей и талантов у детей и молодежи;
- самоопределения в профессиональной сфере;
- творческого роста, устройства арт-галерей;
- развития добровольчества для обслуживания комплекса и ботанического сада;
- экологического туризма, по примеру мест силы Аркаим.

Список библиографических ссылок

1. Сакральная геометрия // novikov-architect.ru: офиц. сайт. 2016. URL: <http://novikov-architect.ru/sacral-geometry-vstuplenie.htm> (дата обращения: 23.09.2018).
2. Graham D. W. Heraclitus. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2007.
3. Вержбицкий Ж. М. Архитектурная культура. Искусство архитектуры как средство гуманизации «второй природы». СПб. 2010. 136 с.
4. Moore Ch., Allen, G. L'architecture sensible (Espace, echelle et forme) Dunod. P., 1981. 23 p.
5. Горшкова Г. Ф. Универсальная геометрия проекционного пространства // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2007. Н. Новгород. С. 7.
6. Филин В. О. Глаз не любит гомогенного поля // Вести союза архитекторов России. 1998. № 9. С. 11–12.
7. Кириллов Ю. Феномен // Вокруг света. 1986. № 8. С. 5.
8. Золотое сечение // n-t.ru : электронная библиотека «Наука и техника». 2000. URL: <http://n-t.org/tp/iz/zs.htm> (дата обращения: 02.08.2018).
9. Горшкова Г. Ф. Объективная геометрия архитектурного пространства // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 8. С. 122–126.
10. Савельева Л. В. Визуальные иллюзии в архитектурной композиции. М. : МАРХИ, 2016. 8 с.

Tychinina Anastasiia Sergeevna

architect

E-mail: nastattt@yandex.ru

ООО «Speech»

The organization address: 127473, Russia, Moscow, Krasnoproletarskaia st., 16

The architectural concept of a universal square as an energy space

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify principles for the development of an architectural concept of a universal square based on symbols and natural elements, following the example of a planet, on the location and outline of continents on a world map. By synthesizing geometry and wildlife, create human-friendly space.

Results. The main results of the research consist in the development of a project concept for a universal two-level square, as an energy space, for restoring the strength and energy of the human body. The architectural organization of space combines four natural elements: the construction of water channels and cascades as an element of water, the use of mirrored surfaces – the element of fire, vertical gardening – land, transparent floors and the absence of walls – air.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in the emergence of a new form of organization of space that influences the general level of personal development. «Nothing that is born into the world can be neither completely new nor completely coinciding with the old. By taste and inclination – or by following the spirit of the times, a parent always has the opportunity to present his fruit in the key of innovation or in the key of tradition, as a daring innovation or careful observance of ancient covenants». Horuzhy «About the old and the new».

Keywords: concept, cube, ball, earth structure, two-level square, universal square, architectural organization of space, energy space, world map, place of power, botanical garden, water cascade, symbols in architecture.

References

1. Sacred Geometry // novikov-architect.ru : official. site. 2016. URL: <http://novikov-architect.ru/sacral-geometry-vstuplenie.htm> (reference date: 23.09.2018).
2. Graham D. W. Heraclitus. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2007.
3. Verzhbitsky J. M. Architectural culture. The art of architecture as a means of humanizing the «second nature». SPb. 2010. 136 p.
4. Moore Ch., Allen, G. L'architecture sensible (Espace, echelle et forme) Dunod. P., 1981. 23 p.
5. Gorshkova G. F. Universal geometry of the projection space // Construction mechanics of engineering structures and structures. 2007. N. Novgorod. P. 7.
6. Filin V. O. The eye does not like a homogeneous field // News of the Union of Architects of Russia. 1998. № 9. P. 11–12
7. Kirillov Y. Phenomenon // Around the World. 1986. № 8. P. 5.
8. Golden Section // n-t.ru : Science and Technology Electronic Library. 2000. URL: <http://n-t.org/tp/iz/zs.htm> (reference date: 02.08.2018).
9. Gorshkova G. F. Objective geometry of the architectural space // International Scientific Research Journal. 2015. № 8. P. 122–126.
10. Savelieva L. V. Visual illusions in architectural composition. M. : MARHI, 2016. 8 p.

УДК 721

Хазеева Карина Ромилевна

архитектор

E-mail: Hazeeva-karina@mail.ru**Архитектурное бюро «Yaratam»**

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. Большая Красная, д. 63

Забрускова Марина Юрьевна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: zmarina9@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

**Архитектурные и градостроительные аспекты
для проектирования общественных уборных в среде исторического города
(на примере города Казани)**

Аннотация

Постановка задачи. Целью данной статьи является выявление основных градостроительных, архитектурно-планировочных, дизайнерских и информационно-дизайнерских приемов для проектирования общественных уборных в исторической среде города. Использование данных приемов при проектировании автономных общественных уборных позволит сделать городскую среду более качественной.

Результаты. Основным результатом исследования стала модель автономной уборной, которая запроектирована в ансамбле сложившейся исторической застройке улицы с учетом выявленных приемов.

Выводы. Значимость полученных знаний для архитектуры состоит в том что, предлагаемый комплексный подход к проектированию общественных уборных (ОУ) позволит значительно повысить уровень внешнего благоустройства города. Учитывая приемы всех уровней проектирования, ОУ станет комфортной для посетителя и не нарушит исторически сложившийся облик улиц города.

Ключевые слова: общественная уборная, элементы внешнего благоустройства, малые архитектурные формы, интеграция, павильоны, санитарно-техническое обслуживание, городская среда.

Введение

Объекты малых архитектурных форм часто обделены вниманием градостроителей и архитекторов, однако именно от архитектурно-художественных качеств, от того как они размещены в городе и насколько хорошо отвечают своему назначению во многом зависит уровень градостроительной культуры в целом.

Качественно выполненные объекты внешнего благоустройства, такие как павильоны, мощение, уличное освещение, клумбы, делают городскую среду привлекательной для пешеходов. Благоустроенные пешеходные зоны способствуют тому, что люди приходят туда намерено прогуляться и провести приятно время, что в свою очередь делает среду экономически привлекательной для бизнеса. Синергия архитектурных и экономических факторов увеличивает потенциал пешеходных зон для привлечения туда туристов и жителей города, что в свою очередь влияет на жизнь людей, проживающих в этом городе, районе, улицы, в целом. Вопрос о важности значения объектов внешнего благоустройства в России стал подниматься еще в советское время. В те годы было написано много книг с рекомендациями по проектированию и размещению данных объектов в структуре города.

Н.Я. Колли разделял объекты внешнего благоустройства на монументы, декоративную скульптуру, фонтаны, киоски, витрины с рекламой и т.д. Особое внимание уделяется объектам утилитарного назначения, которые находятся на тонкой грани малой архитектурной формы и полноценного небольшого здания, это торговые киоски и павильоны. Автор выделяет три основные группы:

1. Торговые киоски и павильоны: печати, цветочные, продажа сувениров, кондитерские изделия, летние кафе.

2. Киоски и павильоны культурно-бытового обслуживания населения: театральные кассы, навесы, перголы, открытые концертные эстрады.

3. Киоски и павильоны городского транспорта: навесы и павильоны на остановках городского транспорта, посты регулирования уличного движения, бензозаправочные станции.

По мнению авторов, незамеченной осталась еще одна очень важная группа объектов внешнего благоустройства, это:

4. Киоски и павильоны санитарно-технического обслуживания населения: общественные уборные (ОУ), прачечные.

Объекты данных групп, как и остальные элементы малых архитектурных форм, должны закладываться на стадии проектирования пешеходных и общественных зон города. В уже сложившейся исторической застройке, достаточно сложно решать задачу с размещением общественных уборных. В таком случае, частично решают проблему кафе, рестораны и магазины, но это не выгодно для владельцев данных заведений, а значит, может привести к европейской системе, где посещение уборной возможно лишь с чеком заведения. В таком случае наличие ОУ в объектах общественного питания и торгово-развлекательных центрах, не исключают установку автономных общественных уборных на улицах города.

При размещении автономных уборных в структуре исторической городской застройки важно рассматривать три уровня проектирования:

1. Градостроительный – в данном уровне учитываются аспекты места расположения, проходимость места, наличие ОУ в общественных заведениях.

2. Архитектурный – рассматривает аспекты композиционного решения, стилистического решения окружающей застройки, цветового решения, соблюдения масштаба.

3. Информационно-дизайнерский – аспекты, учитывающие навигационную систему и систему размещения рекламы на здании ОУ.

Проектирование автономной ОУ с учетом согласованности всех трех уровней, сделает городскую среду качественней, тем самым продемонстрирует высокий уровень развития города.

Анализ уровней проектирования общественной уборной

Анализ уровней проектирования общественных уборных позволяет выявить всевозможные приемы для встраивания объектов внешнего благоустройства в историческую среду города. Особенность этой территории заключается в том, что в отличие от новой застройки, на стадии проектирования которой, ОУ должны быть заложены изначально, в данном случае объекты не были предусмотрены на стадии проектирования квартала, улицы, здания. Историческая застройка требует более деликатного подхода в размещении объектов внешнего благоустройства. При этом данная территория города порой больше остальных нуждается в ОУ, так как является самой посещаемой как туристами, так и самими горожанами.

Градостроительный уровень рассматривается в трех основных аспектах:

1. Место расположения – зависит от окружающей, существующей застройки. В табл. 1 представлена типология размещения автономных общественных уборных в пешеходных зонах исторической застройки.

2. Интервал – радиус обслуживания общественной уборной. В СанПиН 983-72, где прописаны правила устройства и содержания общественных уборных, указано, что радиус обслуживания не должен превышать 500-700 м, включая ОУ в кафе и торговых центрах. Так же, радиус может увеличиваться или уменьшаться в связи с посещаемостью той или иной пешеходной зоны.

3. Многолюдность – зависит от проходимости места и продолжительности его использования. Например, остановки наземного транспорта – это достаточно большое скопление людей, особенно в час пик, и продолжительность нахождения там, может длиться от 3 минут до 30 минут.

На рис. 1 представлена схема размещения ОУ в исторической застройке с учетом активных пешеходных зон, объектов общественного питания, зеленых территорий, а так же учебных заведений и объектов культурного наследия, так как именно эти места привлекают туристов и жителей города.

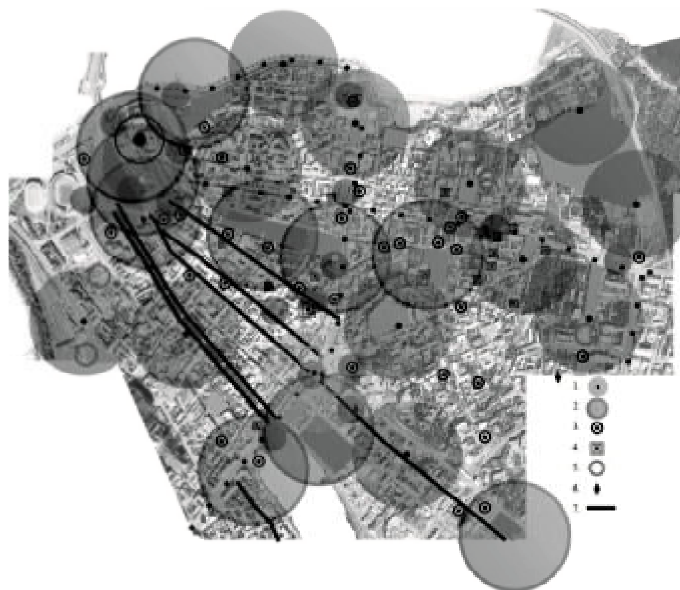


Рис. 1. Схема ситуационного плана центральной части города:

1. ОУ, необходимые к установке; 2. Существующие ОУ; 3. Достопримечательности города;
4. Учебные учреждения; 5. Места скопления людей (площади, остановки наземного транспорта);
6. Станции метро; 7. Важные пешеходные улицы города (иллюстрация авторов)

Местоположение общественной уборной в городской застройке, так же влияет и на архитектурно-планировочный аспект здания. В последствии именно место установки ОУ будет диктовать возможность архитектурного решения, так, например, площадь предполагает отдельно стоящее здание автономной общественной уборной или же размещение ее под землей, в то время как красная линия уличной застройки предусматривает вписывание уборной в структуру улицы. На рис. 2 показано, где здание уборной заполняет собой образовавшиеся пустые пространства между исторически сложившейся застройкой.



Рис. 2. Схема размещения ОУ в структуре улицы (иллюстрация авторов)

Архитектурный уровень размещения ОУ в исторической застройке занимает главное место, так как именно внешний вид указывает на то, соответствует ли объект месту расположения. Планировочные решения были затронуты на градостроительном уровне, так как неразрывно связаны друг с другом, но при этом планировка общественной уборной так же сильно отражается на её архитектуре.

Архитектурный уровень размещения общественной уборной должен учитывать ее планировочные характер и среду расположения.

Проанализировав градостроительный уровень, получилось шесть основных приемов по расположению ОУ в историческую застройку город, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Типология размещения автономных ОУ в структуре городской застройки

№	схема (иллюстрации авторов)	расположение в городской среде	аналог	страна, город
1		отдельно стоящая уборная	 (иллюстрация с сайта pragmatika.media)	Великобритания, Лондон, Архитектор Д. Грот
2		уборная, которая располагается под землей	 (иллюстрация с сайта www.flickr.com)	Великобритания, Лондон
3		подземная уборная с выносом на поверхность входной группы, в виде арт-объекта	 (иллюстрация авторов)	Россия, Санкт-Петербург
4		много- функциональный МАФ	 (иллюстрация авторов)	Татарстан, Казань
5		уборная, вписанная в здание	 (иллюстрация с сайта pikabu.ru)	Китай, Чунцин
6		уборная в промежуточном разрыве зданий исторической застройки	 (иллюстрация с сайта teara.govt.nz)	Новая Зеландия, Кавакава, Ф. Хундерствассер

Анализ объектов показывает, что существуют шесть основных способов расположения общественных уборных в границах городских улиц, а так же их планировочные решения:

1. Отдельностоящая уборная характеризуется тем, что у нее небольшая пропускная способность, так как в ней можно установить не более двух кабинок. Такой объект может располагаться на площади, в сквере, на широкой улице, на перекрестке, в структуре улицы. При этом сам объект является ориентиром для горожан, поэтому дополнительных табличек для навигации не требуется. Внешний вид такой уборной зависит от окружающих ее зданий, она может гармонировать с ними или же наоборот быть им противопоставлена, в таком случае она становится акцентом улицы и рекламой самой себе;

2. Подземная уборная – один из самых привлекательных видов уборных, так как у него нет ограничений по пропускной способности, а так же легко вписывается в любую среду. На поверхности земли устанавливаются лишь указатели-фонари, ограждение входов, воздухозаборный киоск вентиляционной шахты. У такой общественной уборной

два основных минуса: не везде в исторической среде возможно использование подземного пространства, не так заметен для посетителей, что может затруднить его поиски. Так же строительство подземной уборной требует больше затрат, но не смотря на это, подземная уборная одно из самых простых и лаконичных решений для городской среды.

3. Подземная уборная с выносом на поверхность входной группы. Входная группа обычно выполняется в виде привычной для нашего взгляда малой архитектурной формы (МДФ) общественной уборной, но при этом подземная часть не ограничена в количестве установки кабинок. Такие типы уборных хорошо подходят для мест с большой проходимостью: парки, площади, бульвары. При помощи МДФ, которая расположена на земле, уборная может прекрасно сочетаться с ансамблем парка и быть удобной относительно навигации. Как, например, в Санкт-Петербурге в парке Новая Голландия, где ротонда уборной стала неотъемлемой малой формой всего ансамбля парка.

4. Многофункциональная малая форма – это совмещение порядка двух-трех функций в единый объем. Примером подобного совмещения может быть МДФ, построенная на перепаде рельефа, и совмещать в себе лестницу, смотровую площадку и общественную уборную. Примером такой интеграции может служить лестница, соединяющая улицу Профсоюзная и улицу Баумана в Казани. Пропускная способность такого объекта не большая, но вполне достаточная, если объект расположен на оживленной улице с большим количеством кафе. Это решение прекрасно своей простотой, многофункциональностью в таком случае малой архитектурной формы повышает ее качество.

5. Уборная в цокольном этаже здания – прекрасное решение для дворовых пространств, которые так же нуждаются в оснащении общественными уборными, так как не всегда жителю удобно подниматься домой, так же ими могут воспользоваться прохожие, но и в исторической застройке этот вариант возможен в двух случаях:

а.) Новое здание, построенное в исторической части города, где общественная уборная изначально закладывалась в процессе проектирования. В таком случае хорошо подходят здания, где весь первый этаж отдается под общественное пространство.

б.) По истечению времени и нарастанию культурного слоя, цокольные этажи здания были лишены солнечного света или же просто потеряли свою привлекательность для арендодателей.

Размеры и пропускная способность уборной в таком случае зависит от возможности уже существующего здания.

6. Уборная, вписанная в исторически сложившиеся разрывы между зданиями, не являющиеся техническими. Такой прием позволяет сохранить единство ансамбля улицы, придав ей завершенный, целостный вид. Так же, помещая уборную на красную линию в единый ряд с фасадами зданий, мы не мешаем потоку прохожих, при этом оставляя ОУ удобной для посещения и заметной проходящим людям. Объект с небольшой пропускной способностью. Автономная общественная уборная между зданиями благоустраивает улицу, так как помимо очевидной утилитарной функции, на здании общественной уборной может размещаться реклама, благоустраивается прилегающая к ней территория с устройством скамеек, парковочных мест для велосипедов, мощение, освещение, озеленение участка.

Помимо планировочных решений по размещению важно учитывать архитектурное решение, которое может иметь две совершенно противоположные стороны, как представлено в табл. 2. Вписываемая ОУ по своей архитектуре может быть нюансной относительно среды, то есть полностью сливаться с окружающими зданиями или же наоборот стать контрастной, но при этом, не нарушать целостность исторической среды, а придавать ей современный тон.

На основе табл. 2, можно заметить, что основой вписывания ОУ в среду становится ее фасадное решение. Фасад, как лицо объекта, говорит о нем многое, возраст, стиль и его состояние. Фасадное решение по интеграции объекта в среду может выполняться несколькими приемами:

1. Соблюдение единой стилистики улицы;
2. Сохранение гармонии цвета: уборная выполняется из современных материалов, в современном стиле, но сохраняется единство цветовой гаммы в ансамбле улицы;
3. Копирование архитектурных и дизайнерских деталей, окружающих зданий;

4. Акцентный прием. Несомненным плюсом яркого решения общественных уборных является то, что в случае запоминающегося дизайна, человеку будет легко сориентироваться в поиске объекта и образ может стать визитной карточкой города, по примеру красных телефонных будок Лондона.

Таблица 2

**Типология архитектурных решений автономных ОУ
по размещению их в исторической застройке города**

№	приемы расположения	архитектурные приемы	нюанс (иллюстрации авторов)	контраст (иллюстрации авторов)
1	отдельностоящие (на поверхности земли, под землей, в структуре застройки)	композиц. решение		
		стилистика окружающей застройки		
2	вписанная в среду (в МАФ, в цоколь здания)	цветовое решение		
		соблюдение масштаба		

Проанализировав архитектурный уровень, выявлено шесть аспектов по размещению ОУ в структуре исторической застройки, которые базируются на архитектурно-планировочных решениях, а так же четыре аспекта относительно фасадов здания, а именно возможности их соответствия или не соответствия окружающей среде.

Уровень информационного дизайна:

1. Указатели и опознавательные знаки на улицах города: они помогут людям сориентироваться в нахождении общественной уборной;

2. Сам объект, как объект дизайна.

Так как сейчас большинство городов направлены на развитие туристического бизнеса, навигация является неотъемлемой частью городской среды. Создание запоминающегося знака общественной уборной по примеру знака метро, упростит его поиски. Если решить этот вопрос с дизайнерской стороны, то это так же может стать запоминающимся моментом для гостей города.

Разработка модели общественной уборной в исторической застройке улицы г. Казани

Апробацией на основе аспектов трех уровней установки автономных общественных уборных в исторической застройке, стала схема ОУ на улице Карла Маркса в городе Казани.



Рис. 3. Схема размещения ОУ в структуре исторической улицы города (иллюстрация авторов)

В исторической среде города Казани наблюдается большое количество подобных промежутков между домами, которые не являются техническими проездами. На градостроительном уровне, появление в данном разрыве общественной уборной, сохранит целостность застройки красной линии. Улица является транзитной, но на ней располагаются высшие учебные учреждения и остановки общественного транспорта, что говорит о большой проходимости, людям приходится проводить на ней немало времени, поэтому необходимо установить ОУ. На архитектурном уровне, в данном случае, выбраны нюансные приемы фасадных решений, при этом здание не пытается создать иллюзию постройки начала XX века, это современная постройка, из современных материалов, но не входящая в резонанс с улицей, а дополняющая ее.

Заключение

Общественная уборная – объект внешнего благоустройства, где основной функцией является утилитарная. Из-за этого эстетическим качествам ОУ уделяется очень мало внимания, от чего страдают ансамбли городской застройки и пользователи уборной. На самом деле, этот небольшой объект несет в себе симбиоз всех уровней проектирования: градостроительный, архитектурный, технический, дизайнерский, ресурсосберегающий, информационно-дизайнерский. Данный объект может быть апробацией современных строительных и архитектурных решений, так как не требует больших экономических затрат.

Уровень жизни повышается, улица перестала быть транзитным местом между домом и работой, а значит, повышаются и запросы на улучшение внешнего благоустройства города, но не только парков и скверов, а всех пешеходных зон, включая площади, бульвары и дворовые территории. Степень совершенства всех отдельных элементов градостроительства и является показателем культуры.

Список библиографических ссылок

1. Колли Н. Я., Артамонов В. А., Тарасова Е. А., Толстой И. А. Малые формы в застройке и благоустройстве городов. М. : Издательство литературы по строительству, 1964. 188 с.
2. Скавронский В. Я., Кияниченко Н. С. Малые архитектурные формы в благоустройстве населенных мест. Киев : Будивельник, 1971. 244 с.
3. Богданов И. Unitas или краткая история туалета. СПб. : Новое Литературное Обозрение, 2007. 192 с.
4. Грид К. Городской дизайн, общественные туалеты. Л. : Архитектурная пресса, 2003. 380 с.
5. NOVOSIBDOM // Фриденсрайх Хундертвассер : Общественный туалет в г. Кавакава : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: <http://arx.novosibdom.ru/node/1807> (дата обращения: 18.10.18).
6. Liveinternet // Самые необычные туалеты : ежедн. интернет-изд. 2013. URL: <https://www.liveinternet.ru/users/3422645/post281027955/> (дата обращения: 18.10.18).
7. xEXE // Китайский город открыл 5-звездочный общественный туалет : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://xexe.club/164027-kitayskiy-gorod-otkryl-5-zvezdochnyy-obschestvennyy-tualet.html> (дата обращения: 18.10.18).
8. Городские туалеты // Городские проекты : ежедн. интернет-изд. 2012. URL: https://city4people.ru/projects/posts/posts_99.html (дата обращения: 10.10.18).
9. Денисенко Е. В. Тенденции развития архитектуры в XXI веке // ООО «Ареал». 2015. С. 140–142.
10. Айдарова Г. Н. Понятие комфорт архитектурной среды в контексте этических ценностей // Евразийский союз ученых. 2015. № 4 (13). С. 148–151.

Khazeeva Karina Romilevna

architect

E-mail: Hazeeva-karina@mail.ru**Office of Architecture «Yaratam»**

The organization address: 420015, Russia, Kazan, Bolshaya Krasnaya st., 63

Zabruskova Marina Iuryevna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: zmarina9@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Architectural and town planning aspects for designing public toilets in the environment of a historic city (using the example of the city of Kazan)**Abstract**

Problem statement. The purpose of this article is to identify the main urban planning, architectural planning, design and information and design techniques for designing public restrooms in the historical environment of the city. The use of these techniques in the design of autonomous public restrooms will make the urban environment more qualitative.

Results. His main result of the study was the model of an autonomous restroom, which was designed in the ensemble of the existing historical building of the street, taking into account the identified techniques.

Conclusions. The significance of the knowledge gained for architectural practice is that the proposed integrated approach to the design of public restrooms (OU) will significantly increase the level of external improvement of the city. Given the techniques of all levels of design, the OS will be comfortable for the visitor and will not disturb the historical appearance of the city streets.

Keywords: public toilet, elements of external improvement, small architectural forms, integration, pavilions, sanitary maintenance, urban environment.

References

1. Colli N. Ya., Artamonov V. A., Tarasova E. A., Tolstoy I. A. Small forms in building and improvement of cities. M. : Publishing house of literature on construction, 1964. 188 p.
2. Skavronsky V. Ya., Kiyanichenko N. S. Small architectural forms in the improvement of populated areas. Kiev : Budivelnik, 1971. 244 p.
3. Bogdanov I. Unitas or a brief history of the toilet. SPb. : New Literary Observation, 2007. 192 p.
4. Greed C. Inclusive Urban Design, public toilets. L. : Architectural Press, 2003. 380 p.
5. NOVOSIBDOM // Friedensreich Hundertwasser: Public toilet in Kavakava : daily. internet-edit. 2015. URL: <http://arx.novosibdom.ru/node/1807> (reference date: 18.10.18).
6. Liveinternet // Most unusual toilets : daily. internet-edit. 2013. URL: <https://www.liveinternet.ru/users/3422645/post2810279> (reference date: 18.10.18).
7. Hehe // Chinese city has opened a 5-star public toilet : daily. internet-edit. 2016. URL: <http://xexe.club/164027-kitayskiy-gorod-otkryl-5-zvez> (reference date: 18.10.18).
8. Urban toilets // Urban projects : daily. internet-edit. 2012. URL: https://city4people.ru/projects/posts/posts_99.html (reference date: 10.10.18).
9. Denisenko E. V. Trends in the development of architecture in the XXI century // LLC «Areal». 2015. P. 140–142.
10. Aydarova G. N. The concept of comfort of the architectural environment in the context of ethical values // Eurasian Union of Scientists. 2015. № 4 (13). P. 148–151.

УДК 72.03

Хазиахметова Елизавета Викторовна

архитектор

E-mail: lizagureeva.arch@gmail.com**АС «Биплан»**

Адрес организаци: 420012, Россия, г. Казань, ул. Некрасова, д. 29а

Ахтямов Ильнар Ингельевич

доцент

E-mail: achti@mail.ru**Ахтямова Резеда Хакимовна**

старший преподаватель

E-mail: rezeda.akhtiamova@gmail.com**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Принципы организации архитектурного пространства для детей с ограниченными возможностями

Аннотации

Постановка задачи. Одной из важнейших социальных проблем во всем мире считаются недостаточный уровень жизни и социальной активности детей с ограниченными возможностями. Дети-инвалиды делятся на группы по нозологиям, каждая из которых имеет свои особенности восприятия окружения. Пространство должно быть целительным, оно должно направлять ребенка и воспитывать. Поэтому цель данной работы – сформулировать принципы организации комфортного пространства для детей с ограниченными возможностями, а также исследовать влияние архитектурного пространства на эмоциональное состояние детей с особенностями развития.

Результаты. В ходе исследования влияния архитектурного пространства на детей с ограниченными возможностями были сформированы основные принципы доступной архитектуры и комплексная модель пространств для детского развития, общения и отдыха.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для архитектуры состоит в выявлении принципов организации пространства для детей с отклонениями развития, которые могут стать основой создания комфортных условий для детей с ограниченными возможностями, повышают значимость данной проблемы и способствуют повышению уровня жизни и социальной активности детей-инвалидов в обществе. Изложенными в данной статье принципами можно руководствоваться при создании социальных, инклюзивных центров для детей.

Ключевые слова: доступная архитектура, архитектурная среда, восприятие пространства, дети с ограниченными возможностями, инклюзивный центр.

Введение

Каждый ребенок имеет право на счастливую жизнь, и дети с ограниченными возможностями – не исключение. По данным статистики на официальном сайте РФ за 2018 год только по России насчитывается около 650 тысяч детей с отклонениями развития, из них: 34 % детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, 30 % детей с психическими и умственными расстройствами, 12,6 % детей с врожденными аномалиями, 9 % детей с болезнью уха и глаза и т.д.

Дети, имеющие нарушения развития, не должны быть изолированными от общества и других детей, они должны иметь доступ ко всему необходимому и чувствовать себя комфортно в любых условиях и при любой деятельности.

К сожалению, дети с отклонениями развития большую часть своего времени проводят дома, в коррекционных школах и больницах, мало общаются со своими сверстниками, реже других детей бывают на улице и в общественных местах. Причина тому – отсутствие необходимых условий и доступности социальных архитектурных объектов. К тому же перечень специализированных общественных объектов и учреждений для детей-инвалидов в России очень низкий. Создаются реабилитационные

центры и коррекционные школы, однако, помимо медицинского обслуживания и базового образования, дети нуждаются в досуге, общении и творчестве.

Человек получает информацию об окружении через пять основных информационных каналов: зрительный, слуховой, осязательный, вкусовой и обонятельный. Это полный набор «инструментов», которые может использовать человек. Но, к сожалению, не всем детям доступны все пять каналов получения информации, так как многие из них страдают нарушением слуха, зрения и т.д. [1].

В медицине принято деление заболеваний на следующие нозологии: слабослышащие и глухие, слабовидящие и слепые, дети с задержкой психического развития (ЗПР) и дети с расстройством ума. Прежде, чем делать выводы о том, каким должно быть архитектурное пространство для детей с различными отклонениями, необходимо обратиться к материалам диагностики восприятия пространства у детей с ограниченными возможностями.

Слабовидящие и слепые дети

Зрение – это основной инструмент восприятия окружения. С ухудшением и полной потерей зрения ориентироваться в нем становится значительно сложнее. Из-за низкой степени восприятия им тяжело идентифицировать и выделять форму объекта, величины и пространственное расположение объектов, их многослойные наложения. Слабо развито воображение и понимание образа предметов [2].

Уровень восприятия окружающей среды зависит от степени нарушения зрительного канала, который варьируется от частичной до полной потери зрения. Слабовидящие дети в состоянии воспринимать пространство через зрительный канал, дети с частичной потерей зрения выделяют фигуры и объемы из общего фона, слепой ребенок в состоянии лишь улавливать разницу между светом и тьмой, что дает хотя бы минимальное представление о расстоянии между объектами и «глубине» пространства [3].

Детям с нарушением зрения в восприятии пространства помогают осязательные ощущения: чувство фактур и форм, вибраций, тепла и т.д.

Слабослышащие и глухие дети

У таких детей зрение – основной инструмент восприятия. У детей с нарушением слуха формируются образы предметов, они способны анализировать окружение и делать выводы о нем, однако, плохо идентифицируют плоские и контурные изображения. Имеют сложности с восприятием перспективы и пространственно-временным соотношением. Так же у слабослышащих и глухих детей возникают проблемы с восприятием объема в необычном ракурсе. Не слыша звуков, дети хуже ориентируются в пространстве. Такие дети легко различают контрастные цвета и с развитием навыка начинают различать основные оттенки [4].

Так как переработка информации ложится на зрительный канал, дети с нарушением слуха подвержены быстрому переутомлению.

С архитектурной точки зрения интересен тот факт, что для тренировки восприятия используют приемы разной степени абстрактности: для привлечения внимания (яркие, четкие, простые изображения) и для развития произвольного внимания (нюансные, поэтапные изображения с более сложными связками), что делает пространство более сложным и разнообразным.

Дети с задержкой психического развития (ЗПР)

У детей с ЗПР обедненное представление об окружающем мире, так как мышление отличается ограниченностью и фрагментарностью общих знаний. Дети с ЗПР с трудом идентифицируют объекты в незнакомом ракурсе или при некачественном освещении, тяжело воспринимают наложение изображений и объектов, линейные и схематичные изображения. Так же возникают проблемы с целостностью восприятия: затруднения с выделением отдельных элементов из общей картины, достраиванием образов. Такие дети упускают большое количество деталей и информации. Отсутствует систематичность и целенаправленность восприятия объектов в пространстве. Дети с ЗПР хорошо понимают понятия «большой – маленький», но «длинный – короткий», «широкий – узкий» им даются с трудом [5].

Что касается цвета, в раннем возрасте такие дети четко различают только красный и синий цвета, позже к ним добавляются желтый и зеленый. Тяжело идентифицируют разницу между белым и черным цветом [1].

Дети с расстройством ума

Восприятие пространства у таких детей затрудняется наличием большого количества объектов, отсутствием центра композиции, наличием незнакомых форм, резким поворотом и изменением сюжетной линии. Перевернутое изображение ребенок с отклонением ума будет определять как совершенно новый предмет. Такие дети воспринимают мир фрагментарно, цепляясь взглядом за наиболее яркие и выразительные детали, находящиеся на первом плане. Обладают плохой координацией движений и ориентацией в пространстве. При этом дети с умственными отклонениями способны распознавать простые объекты и контрастные цвета [6].

Принципы организации пространства для детей с ограниченными возможностями

На основе исследований о восприятии пространства у детей с различными нарушениями, можно составить основные принципы архитектурного проектирования и сформировать комплексную модель пространства, положительно влияющего развитие и эмоциональное состояние детей с ограниченными возможностями.

Следует отметить, что доступная среда не предполагает скучные пространства, лишенные интересного наполнения. Архитектура может быть сложной, так как особенности развития детей с вышеупомянутыми заболеваниями накладывают на нее целый ряд условий и необходимых требований. Создание доступной архитектуры – это творческий процесс, который требует создания интересных и адаптированных архитектурных решений. Только сложное и насыщенное пространство может стать «целительным» и образовательным для детей с ограниченными возможностями, так как визуальное восприятие такой среды будет способствовать их развитию и адаптации к условиям окружения [7]. При этом сложная архитектура должна быть комфортной и логичной, чтобы у детей не возникало сложностей с психологическим состоянием и ориентацией в пространстве.

Несмотря на то, что причины этих нарушений носят совершенно разный характер, дети с разными нарушениями развития нередко испытывают схожие проблемы, что в особенности касается восприятия окружающей среды [8]. Систематизировав результаты диагностики восприятия пространства у детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) можно сформулировать архитектурные решения, которые будут оказывать благоприятное влияние на каждого ребенка:

1) Применение цвета. Использование цвета для четкой навигации и выделения элементов интерьера. Внедрение цвета и основных оттенков повышает информативность и логику пространства. Приоритетные цвета: красный, синий и желтый, в контрасте с белым цветом. С помощью цвета дети смогут лучше различать объекты, их величины, плановость, так как объекты не будут сливаться с фоном;

2) Использование света и теней. Создание узоров на поверхностях, увлекательных сюжетов, которые можно достраивать в воображении. Игра света и тени позволит обогатить мир детей с ограниченными возможностями. Так же свет может сформировать точки притяжения и подчеркнуть особо важные зоны. Свет способствует положительному настроению и влияет на активность человека;

3) Применение фактур. Использование рельефных поверхностей и разных фактур, создание альтернативных игровых площадок (осознательных), где дети смогут руками почувствовать окружающий мир. Помимо таких площадок фактурные материалы и поверхности могут использоваться при создании навигации и тактильных маршрутов;

4) Разнообразие маршрутов. Деление маршрутов на активные и спокойные, чтобы пешеходные потоки не пересекались (важно для стабильного эмоционального состояния, так как при многих нарушениях дети подвержены приступам паники и опасаются громких звуков и чрезмерного движения);

5) Разные типы пространств. Пространство может оказать на ребенка с ограниченными возможностями эффект зрительной и эмоциональной разгрузки или эффект познавательный, направленный на развитие навыков общения, адаптации и

познания. Поэтому у детей должен быть выбор между спокойными, логичными пространствами и сложными, насыщенными. Более того, спокойное пространство помогает ребенку сосредоточиться и не отвлекаться от важных процессов, а сложное пространство способствует развитию интереса;

6) Элементы природы. Положительный эффект на эмоциональное состояние детей оказывает общение с природой, особенно благоприятно на детей с различными заболеваниями влияет вода. Поэтому необходимо внедрение зеленых «островков» и водоемов в объемное пространство, применение панорамных окон с видом на цветущие сады и выходом на улицу, зеленые уголки в активных и шумных местах;

7) Доминанты и акценты. Система четких и понятных ориентиров в виде акцентов: контрастных элементов и центров композиции пространства, благодаря которым детям легче ориентироваться в пространстве и воспринимать общую картину. Такие ориентиры должны быть хорошо видны с любой точки, чтобы дети с соответствующими нарушениями могли переходить взглядом с одной доминанты на другую;

8) Дизайн безбарьерной среды. Дети с нарушениями зрения, слуха и задержкой психического развития имеют ярко выраженные проблемы личностного характера, чаще обычных детей подвержены депрессиям, так как видят разницу между собой и другими детьми. Такие дети стараются не выделяться и зачастую стыдятся специальных средств, обеспечивающих мобильность. Поэтому все инженерные устройства должны стать нормой в обществе, для этого необходимо переосмыслить их с архитектурной точки зрения и сформировать новый дизайн [9].

Совокупность вышеперечисленных критериев создания комфортного пространства образует комплексную модель благоприятного пространства, способствующего развитию и стабильному психологически-эмоциональному состоянию каждого ребенка (рис. 1).



Рис. 1. Комплексная модель пространства для детей с ограниченными возможностями
(иллюстрация авторов)

Пример архитектурного объекта и внутреннего пространства с положительным влиянием на детей с ОВЗ

В качестве примера такого пространства авторами предлагается, выполненный в рамках выпускной квалификационной работы, проект детского инклюзивного центра развития и социальной адаптации в городе Казань. Такой объект может стать вторым

«домом» для многих детей, поэтому должен выглядеть как «дом мечты». Если речь идет о реабилитационном пространстве, важно отметить, что не только лекарства способны вылечить, но и архитектурное окружение и обстановка [10]. Поэтому данный центр – это место, где дети проводят время за игрой, отдыхом, изучают новое, общаются, делятся своим опытом и перенимают его у других детей и взрослых.

Объект спроектирован на основе архитектурных принципов, сформированных в результате исследования. По функции здание делится на пять блоков, объединенных центральным атриумом, перекрытым конструктивной оболочкой. Созданию открытого пространства способствовала идея продолжения пешеходных улиц и зеленой зоны прилегающего парка.

Функциональная программа центра основана на идеи объединения медицинского ухода, прохождения реабилитации и получения дополнительного образования, а также на плотном взаимодействии нормально-развивающихся детей и детей с отклонением развития и общению со взрослыми (рис. 2).

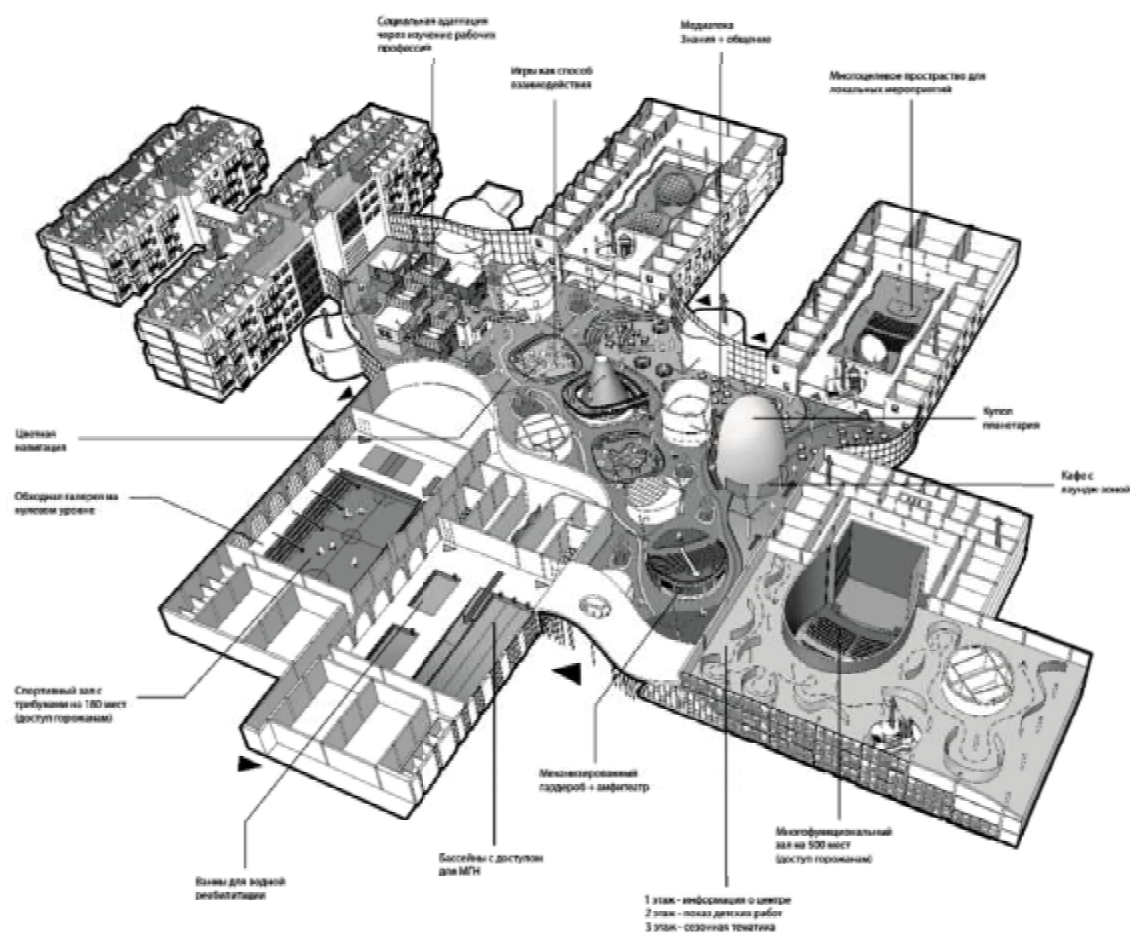


Рис. 2. Аксонометрическая схема. Элементы пространства (иллюстрация авторов)

Поэтому объект делится на следующие блоки: реабилитационный, творческий, спортивный, культурный и блок временного жилья.

Один из главных блоков – это трехэтажный блок реабилитации, где размещается базовый состав медицинских специалистов. Входы в кабинеты к врачам имеют цветовую навигацию. Блок имеет центральное атриумное пространство с пешеходным маршрутом по периметру атриума, таким образом, комбинируются спокойные пешеходные маршруты и активные процессы в атриумной зоне. Здесь ребенок может пройти медицинский осмотр, курс лечения и получить рекомендации, в соответствии с которыми родители могут определить своего ребенка в кружок музыки, рисования, спортивную секцию и т.д.

Так в состав центра входит двухэтажный творческий блок, в котором располагаются музыкальные классы, студии ИЗО, фото/видеостудия и другие гуманитарные кружки. Пространство блока организовано вокруг центрального атриума, по его периметру формируются пешеходные коммуникации.

Реабилитация детей с ограниченными возможностями предполагает физические упражнения и занятия спортом, поэтому значительная площадь центра развития отводится под спортивную функцию. В состав блока входят большой спортивный зал и аквазона с бассейном 25 метров длиной и спуском для маломобильных детей и другие ванны для физических упражнений в воде. Так же в этом блоке располагаются тренажерный зал с реабилитационным оборудованием, танцевальные студии и кабинет массажа.

Дети с ограниченными возможностями должны быть социально адаптированы, им необходимо как можно чаще находиться среди других людей [11], поэтому в спортивном зале установлены трибуны на 150 человек, что позволяет проведение детских соревнований, которые могут посетить родители и заинтересованные горожане. С целью создания условий для социальной адаптации в центре так же предусмотрен культурный блок с многоцелевым залом на 500 посадочных мест и обширной выставочной зоной. Предполагается, что блок будет ориентирован также на горожан и гостей центра, что позволит повысить интерес к проблеме детской инвалидности в обществе. Здесь дети так же могут принимать участие в мероприятиях и концертах, готовить спектакли, литературные чтения и показывать творческие работы посетителям в выставочной зоне.

Данный объект имеет республиканское значение, поэтому в комплексе предусмотрены блоки для временного размещения посетителей из соседних районов. Благодаря этому дети смогут приезжать во время каникул и на летние воркшопы со всей республики. В гостиничном блоке предлагаются однокомнатные и двухкомнатные номера как для ребенка с одним сопровождающим, так и для семьи. Номера компактные, однако, при проектировании были учтены параметры комфортного пространства для маломобильных людей.

Основная цель центрального атриума – связать все блоки и обеспечить посетителям удобный доступ в каждый из них, а также наличие пространства для взаимодействия и отдыха. На первом этапе проектирования объекта на основе функционального плана вокруг центрального пространства были организованы блоки. В результате определения возможных пешеходных связей между блоками сформировалась сеть основных пешеходных маршрутов, которая разделила центральное пространство на зоны, наполненные общественной функцией и зелеными «островками».

Центральное пространство двухуровневое, содержит общественную и рекреационную зоны и основано на принципе деления на тихие и активные зоны. Так как каждый ребенок нуждается в сопровождении взрослых, комплекс рассчитан на детей, родителей и опекунов. Поэтому центральное пространство включает множество зон для общения и совместной деятельности. В его состав входят: форум со сценой, кафе с зоной отдыха, детские игровые с местами отдыха для родителей, столовая, а также городок профессий, где дети, изучают простые профессии, поведение в городе и жизненный быт. Это повышает уровень их социальной адаптации и учит жить самостоятельно.

В центральной зоне располагаются медиатека, амфитеатр и главная визуальная доминанта – купол планетария, а также резервуар для сбора воды. Помимо того, что вода собирается, очищается и используется для технического обеспечения здания, такой бассейн оказывает положительное влияние на эмоциональное состояние посетителей и способствует благоприятному микроклимату.

В атриумной части используется прием игры света и тени: сложная конструкция оболочки, покрывающей центральную часть, отбрасывает интересные тени, создающие сложные, меняющиеся «сюжеты». В целом пространство атриума сложное по своей архитектуре и направлено на развитие у детей навыков восприятия и анализа окружающей среды.

Данный центр – это комплексное решение, основанное на принципах создания комфортного пространства для детей с отклонениями развития. В проекте соблюдается принципы использования игры света и теней за счет конструкции оболочки и световых фонарей, и цветов, наиболее комфортных для восприятия. Стены отделаны разными по фактуре материалами. Внутри продумана навигация, система визуальных «пауз» и

доминант. В соответствии с концепцией, внутреннее пространство здания предлагает детям разнообразие: можно выбрать более активный или спокойный маршрут, часть пространства способствуют пассивному состоянию, другая же мотивирует и подталкивает детей к активной или тихой деятельности (рис. 3-5).



Рис. 3. Внешний вид детского инклюзивного центра развития (иллюстрация авторов)

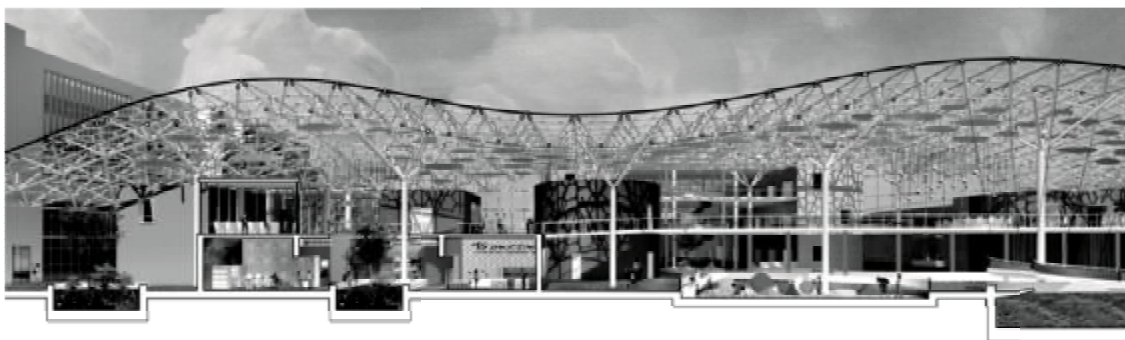


Рис. 4. Перспективный разрез (иллюстрация авторов)



Рис. 5. Интерьер детского инклюзивного центра развития (иллюстрация авторов)

Заключение

В заключение необходимо отметить, что с созданием центров, основанных на сформулированных в результате исследования принципах, у детей появится место для общения и реализации интересов, а правильное окружение поможет детям чувствовать себя более полноценными и уверенными, находясь вне зоны комфорта, и научит адаптироваться к самостоятельной жизни.

Пространство, наполненное вышеперечисленными принципами, а именно правильным цветовым решением, градацией по тону и цвету, световыми узорами на поверхностях, цветной навигацией, зелеными зонами, разными по характеру пространствами, зонами активного взаимодействия и пассивного отдыха, открытыми площадками и «укромными уголками», местами для времяпрепровождения с родителями,

эстетичным оборудованием и особой архитектурой пандусов, подъемников и поручней, – обеспечит детям возможность самовыражения, свободного общения и отдыха, подтолкнет ребенка к развитию, образованию и сделает этот процесс более интересным и увлекательным. Такое пространство будет воспитывать в детях гуманность, желание учиться и быть внимательными к окружению.

Список библиографических ссылок

1. Кузнецова Л. В., Переслени Л. И., Солнцева Л. И. Основы специальной психологии. М. : Академия, 2002. 480 с.
2. Наумов М. Н. Обучение слепых пространственной ориентировке. М. : ВОС, 1982. 123 с.
3. Плаксина Л. И. Теоретические основы коррекционной работы в детских садах для детей с нарушением зрения. М. : ГороД, 1998. 240 с.
4. Боскис Р. М. Глухие слабослышащие дети. М. : Советский спорт, 2012. 304 с.
5. Староверова М. С. Инклюзивное образование. Настольная книга педагога, работающего с детьми с ОВЗ. М. : ВЛАДОС, 2011. 167 с.
6. Лубовский В. И., Розанова Т. В., Солнцева Л. И. Специальная психология. 2-е изд., испр. М. : Академия, 2005. 464 с.
7. Джос Бойс. Другой подход к проблеме инвалидности: справочник по архитектуре и проектированию в повседневной жизни. Абингдон : Раутледж, 2014. 234 с.
8. Ермолаев Д. В., Захарова И. Ю. Средовой подход в работе с детьми с нарушениями развития эмоциональной сферы // Особый ребенок: исследования и опыт помощи, 2011. Вып. 5. С. 9–33.
9. Саймон Полсгард. Инклюзивная архитектура. Как создать общество, доступное каждому // Проект Чалмерс, 2016. URL: <http://publications.lib.chalmers.se> (дата обращения: 07.10.2018).
10. Гайдук А. Р. Формирование образа зданий медицины // Academia. Архитектура и строительство. 2015. Вып. 4. С. 86–91.
11. Моника Понс де Леон. Как закон об инвалидности повлиял на архитектуру. URL: <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=128778558> (дата обращения: 04.10.2018).

Khaziakhmetova Elizaveta Viktorovna

architect

E-mail: lizagureeva.arch@gmail.com

AS «Biplan»

The organization address: 420012, Russia, Kazan, Nekrasova st., 29a

Akhtiamov Ilmar Ingelevich

assistant professor, senior lecturer

E-mail: e.achti@gmail.com

Akhtiamova Rezeda Khakimovna

senior lecturer

E-mail: rezeda.akhtiamova@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles of architectural space organization for children with disabilities

Abstract

Problem statement. One of the most important social problems in the world is considered to be the inadequate standard of living and social activity of children with disabilities. Disabled children are divided into groups according to nosologies, each of which has its own characteristics of perception of the environment. The space should be healing, it should guide the child and bring up. Therefore, the purpose of this work is to formulate principles for

organizing a comfortable space for children with disabilities, as well as to investigate the influence of architectural space on the emotional state of children with special needs.

Results. During the study of the impact of space on children with disabilities, the basic principles of the formation of an ideal space of accessible architecture were formed and an ideal model of «good» spaces for children's development, communication and recreation was created.

Conclusions. The significance of the research results consists in identifying the principles of organizing space for children with developmental disabilities, which can become the basis for creating comfortable conditions for children with disabilities, increase the significance of this problem and contribute to improving the standard of living and social activity of children with disabilities in society. The principles outlined in this article can guide the creation of social, inclusive centers for children.

Keywords: accessible architecture, architectural environment, perception of space, children with experience, elements of space.

References

1. Kuznetsova L. V., Peresleni L. I., Solntseva L. I. Basics of special psychology. M. : Akademiya, 2002. 480 p.
2. Naumov M. N. Teaching the Blind in Spatial Orientation. M. : VOS, 1982. 123 p.
3. Plaksina L. I. Theoretical Foundations of Corrective Work in Kindergartens for Children with Visual Impairment. M. : Gorod, 1998. 240 p.
4. Boskis R. M. Deaf hearing impaired children. M. : Soviet Sport, 2012. 304 p.
5. Staroverova M. S. Inclusive education. Handbook of a teacher working with children with disabilities. M. : VLADOS, 2011. 167 p.
6. Lubovsky V. I., Rozanova T. V., Solntseva L. I. Special psychology. 2nd ed., apr. M. : Academy, 2005. 464 p.
7. Jos Boys. Doing Disability Differently: A handbook on architecture and designing for everyday life. Abingdon : Routledge, 2014. 234 p.
8. Yermolaev D. V., Zakharova I. Yu. Sredovoy approach in work with children with impaired development of the emotional sphere // Special child: research and experience of assistance, 2011. Vol. 5. P. 9–33.
9. Simon Poulsgaard. Inclusive architecture. How can we create a society that is accessible to everyone // Chalmers Project. 2016. URL: <http://publications.lib.chalmers.se> (reference data: 07.10.2018).
10. Gaiduk A. R. Formation of the image of the buildings of medicine // Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2015. Vol. 4. P. 86–91.
11. Monica Ponce de Leon. How the disabilities act has influenced architecture. URL: <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=128778558> (reference data: 04.10.2018).

УДК 72.04

Хуснутдинова Алсу Фандусовна

архитектор

E-mail: husnut94@mail.ru**Архитектурное бюро IDOL GROOP**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Чернышевского д. 43/2, оф. 214

Забрускова Марина Юрьевна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: zmarina9@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Принципы формирования кластеров придорожного обслуживания в структуре региона

Аннотация

Постановка задачи. В статье рассматривается вопрос развития комплексов придорожного обслуживания, определения путей развития и общих методов решения проблем, связанных с созданием комфортных придорожных зон. Ставится цель выявления принципов и методов организации системы придорожных объектов и развития сети придорожного сервиса в регионе.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении типологии территориального размещения придорожных комплексов с учетом принципов многофункциональности, целостности, экологичности, пешеходной дистанции от трассы, учета восприятия путника, интеграции в природную среду, учета туристической привлекательности. Проводится комплексный анализ зарубежного опыта организации системы придорожных объектов. Обосновывается необходимость перехода от единичных придорожных объектов к формированию их в форме кластера.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в получении новых приемов организации зон придорожного обслуживания. Предложенные принципы организации кластеров придорожного обслуживания могут быть положены в основу кластерного подхода проектирования придорожных объектов в структуре региона.

Ключевые слова: комплекс придорожного обслуживания, размещение придорожных объектов (ПО), инфраструктура ПО, кластер придорожного обслуживания, принципы формирования ПО.

Введение

В связи с ростом мобильности населения, расширением объема строительства дорог, автомобилизацией, изменением потребностей населения и увеличением потока отечественных и иностранных туристов, в последние годы стала очевидна потребность в проектировании придорожных объектов (ПО). При низком уровне развития ПО и высокой протяженности дорог (1 млн. 396 тыс. км) не развивается автотуризм. Этому способствует интерес государства к развитию автотуризма, который нацелен создать Федеральную целевую программу¹.

Разнообразие объектов придорожного обслуживания включает объекты питания, отдыха, проживания и автозаправки [1]. Большинство существующих комплексов придорожных объектов (КПО) не было сформулировано конкретной планировочной концепцией, которая могла бы решить вопросы с формированием придорожных комплексов. Территориальное размещение ПО имеет значительное влияние на функциональное решение КПО. Необходимо разработать единый проект, который должен подчиняться определенным принципам и основываться на новых подходах к

¹Федеральная целевая программа «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011-2020 годы)». URL: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2017/361/> (дата обращения: 26.09.2018).

организации таких комплексов. Для того, чтобы найти пути решения формирования ПО необходимо проанализировать придорожную зону и инфраструктуру ПО.

Инфраструктура придорожного обслуживания

Для обеспечения комфортной жизни в регионе невозможно обойтись без развития придорожной инфраструктуры. К ней относятся, прежде всего, объекты придорожного сервиса: мотель (кемпинг), объект общественного питания, автозаправочный пункт, станции технического обслуживания и объекты торговли [2]. Также это объекты, не имеющие прямого отношения к эксплуатационным особенностям автодороги, но обладающие прямым или косвенным влиянием на такой важный показатель, как безопасность и комфортность поездки для водителей автотранспортных средств. Инфраструктура ПО должна развивать комфортное придорожное пространство для путешествующих и проживающих в населенных пунктах.

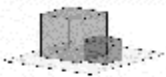
Большая часть действующих объектов ПО строилась в 90-е годы прошлого столетия и в начале 2000-х годов. В настоящее время наблюдается стихийное размещение ПО в придорожной инфраструктуре и строятся они только благодаря деятельным, индивидуальным предпринимателям. Основные сложности правильного размещения КПО вдоль трасс автодорог вызваны отсутствием целостного подхода к развитию инфраструктуры ПО.

Компанией «Миэль – Коммерческая недвижимость»² проведено исследование уровня развития ПО. Исследование показало, что в состав ПО входят: 60 % частных кафе и закусочных, 25 % составляют торговые центры и сетевые рестораны фаст-фуда, 10 % небольших магазинов при автозаправочных станциях, 5 % – специально оборудованные площадки для отдыха и небольшие мотели. Исследователи пришли к выводу, что чем больше товарная нагрузка на автомобильную трассу, тем выше количественный объем услуг ПО².

Для выявления возможных системных подходов можно рассмотреть совокупность двух зарубежных подходов – европейского и американского (табл. 1).

Таблица 1

Модель организации зарубежной системы ПО

Регион, модель	Страны	Особенности организации ПО	Аналог
Европейская 	Германия, Голландия, Бельгия, Швейцария, Италия, Франция, Польша	ПО в основном создается рядом с автозаправками	 F1 Hotels, Paris ³ ; Restoroute Pratteln, Switzerland
Американская 	США, Северная Америка	ПО располагается на съездах с крупных автомагистралей	 Motel 6, USA; Route 66, California ⁵

Европейская система развития ПО

Западная Европа – регион с большой плотностью населения и придорожные объекты во многих странах расположены через каждые 40-50 км [3]. Высокий уровень развития придорожного сервиса наблюдается в таких странах, как Германия, Голландия и Бельгия. Есть тенденция формирования объектов ПО вблизи автозаправочных станций,

²«МИЭЛЬ-Коммерческая недвижимость»: девелоперы начнут развивать придорожную инфраструктуру при наличии качественных дорог // MIEL.RU ежедн. интернет-изд. 2010. URL: <http://www.miel.ru/lenta/2607/> (дата обращения: 23.10.2018).

³Отель F1 в Париже (еФормула 1) // PARISTOOLKIT.COM ежедн. интернет-изд. 2002. URL: https://www.paristoolkit.com/accommodation/formule1_paris.htm (дата обращения: 28.09.2018).

которые оснащены санитарными блоками. От России Германия отличается большими площадями для парковки, более 3800 фу⁴, притом, что общая протяженность дорог⁴ составляет 645 тыс. км, что в 2 раза меньше протяженности российских дорог [4].

В Швейцарии, Италии и Франции ПО размещены через каждые 20-30 км вдоль скоростных автомагистралей. КПО и прилегающие территории имеют обычный ассортимент услуг и выстроены по специальным проектам, которые выполнены на градостроительном уровне. В Швейцарии придорожный сервис в основном развит вдоль трасс, над высоким уровнем побережья озер, вследствие этого в зоне ПО предусматриваются смотровые площадки, на примере «Restoroute Pratteln». Важным элементом развития ПО являются бесплатные биотуалеты, которые размещаются рядом с заправочными станциями, благодаря чему решается вопрос обслуживания туалетов и урн [5].

Страны Восточной Европы быстро достигают уровня развития ПО Западной Европы. Здесь приняты соответствующие законодательства и нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность объектов придорожного сервиса. Так, по нормативам Польши размещение пункта питания и автозаправочных станций происходит на расстоянии 40 км друг от друга при высокой интенсивности движения и 80 км – при низкой интенсивности. В Белоруссии особенностью функционирования ПО является их стимулирование развития национального туризма со стороны государства [6].

Американская система развития ПО

В местах прохождения автомагистрали плотность населения США низка. В сравнении с российской практикой, где ПО представлены в основном отдельно стоящими объектами, в США создаются многофункциональные комплексы с насыщенным спектром услуг и комплексы, располагающиеся на съездах с крупных автомагистралей. В этой стране большое значение имеют коммерческие дороги. Придорожные комплексы создаются в форме концессий, то есть за счет сдачи участков в аренду частным лицам.

Насчитывается большое количество различных типов услуг, одни из востребованных у путников – это мотели, мотоотели и кемпинги с использованием своих палаток [7]. При этом развиты по всей стране сетевые бренды мотелей («Мотель 6»⁵, «Super 8», «Choice Hotels International»), из которых последняя является наиболее масштабной. В некоторых съездах по периметру с двух сторон дорог располагаются зоны с названием «Rest Area» и «Welcome Center», на въезде в которые установлены флажки с государственным флагом штата и включающие в себя парковки для легковых и грузовых автомобилей, беседки, парки, бесплатные туалеты, места выгула собак [8].

Принципы формирования кластеров придорожного обслуживания

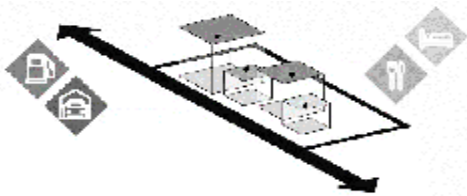
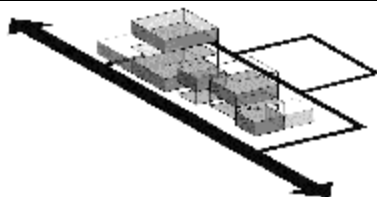
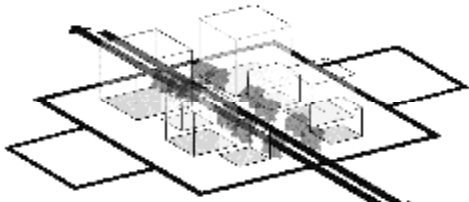
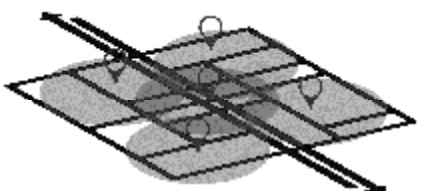
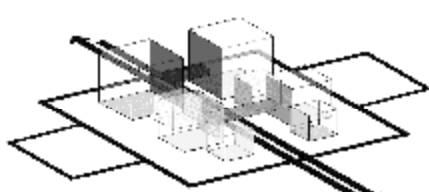
В ходе исследования, выявлена необходимость перехода от единичных комплексов ПО к формированию их связанной совокупности в форме кластеров. Формирование кластерного подхода предполагает развитие единой сети ПО в регионе, совмещение технических, общественных функций в нескольких близко расположенных друг к другу объектов и «подтягивание» остальных объектов ПО посредством формирования кластеров. С социальной точки зрения под кластером понимается взаимодействие предприятий, пространственно соподчиненных и конкурирующих между собой [1]. Кластер придорожного обслуживания (КПО) рассматривается, как динамично развивающаяся система, включающая: планировочно-градостроительную среду, функциональные зоны территории и архитектуру объектов КПО. На основе анализа зарубежной практики были выявлены принципы формирования КПО (табл. 2).

⁴Список стран по длине сети автомобильных дорог // WIKIPEDIA.ORG. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 21.10.2018).

⁵Придорожный сервис – «обликообразующая» сфера // ZVYAZDA.MINSK.BY : ежедн. интернет-изд. 2011. URL: <http://zvyazda.minsk.by/ru/archive/article.php?id=74214&idate=2011-02-11> (дата обращения: 28.09.2018).

Таблица 2

**Схемы градостроительно-планировочного и функционального решения КПО
и размещения их относительно трассы**

№	Описание	Вариант расположения (авторская разработка)	Аналог
1	Многофункциональность		 Plannen voor dutch mountains, Lennart Graaff, Нидерланды ⁶
2	Целостность		 Modular Building System, Португалия ⁷
3	Экологичность		 Raststätte Peppenhoven, Германия ⁸
4	Пешеходная дистанция от трассы		 Tank & Rast, Германия ⁹
5	Учет восприятия путника		 Rest Stops in Georgia, J.H. Mayer, Грузия ¹⁰

⁶Планы для голландских гор в Вельдховене // OMROEPVELDHOVEN.NL : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <http://omroepveldhoven.nl/nieuws/algemeen/plannen-dutch-mountains-veldhoven> (дата обращения: 23.10.2018).

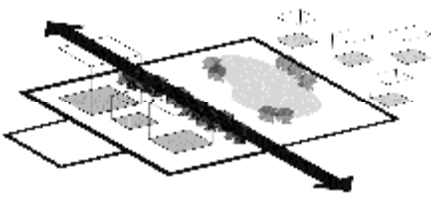
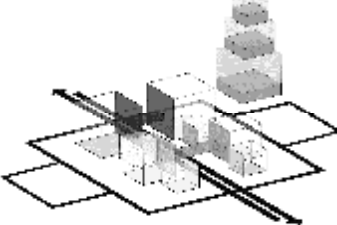
⁷Модульная система строительства в Валле-де-Камбре // E-ARCHITECT.CO.UK : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://www.e-architect.co.uk/concept/modular-building-system-vale-de-cambra> (дата обращения: 23.10.2018).

⁸Остановка отдыха Пеппенховен на А61 между Свифтталем и Рейнбахом, Северный Рейн-Вестфалия, Германия // NORDPOOL-MEDIA.COM : ежедн. интернет-изд. 2006. URL: <http://www.nordpool-media.com/images/details/ib/iblblo00970840.jpg/> (дата обращения: 23.10.2018).

⁹Tank & Rast // TANK.RAST.DE : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://tank.rast.de/fuer-gaeste.html> (дата обращения: 23.10.2018).

¹⁰Отдых находится в Грузии // ARCHELLO.COM : ежедн. интернет-изд. 2011. URL: <https://archello.com/project/rest-stops-in-georgia#stories> (дата обращения: 23.10.2018).

Продолжение таблицы 2

6	Интеграция в природную среду		
			Staaldeep, Голландия ¹¹
7	Учет туристической привлекательности		
			Zippi & Suhaus, Finland ¹²

1. Многофункциональность

С градостроительной точки зрения объекты обслуживания объединены в единый общественный центр с единым планировочным решением. Обеспечивается соединение технических, пространственных, общественных функций в целостную структуру придорожной зоны.

2. Целостность

Целостность КПО может быть достигнута в результате создания единой системы пространств на территории ПО и единой объемно-планировочной композиции, что обеспечивается благодаря общему проектному решению. Целостность архитектурного решения представляется за счёт разработки серий проектов в виде видоизменяющихся функциональных модулей, которые между собой могут соединяться и компоноваться по-новому в зависимости от условий.

3. Экологичность

Сохранение природоохранной позиции должно являться частью проекта КПО. Автомобильный транспорт является значительным источником загрязнения воздуха и шума, имеет негативные последствия: несчастные случаи, отсутствие безопасности. Некоторые из этих негативных последствий могут быть уменьшены за счет визуальной изоляции КПО от дороги, в ходе проектирования должно быть проведено общее исследование взаимосвязи между транспортной системой и зоной придорожного обслуживания [9]. При планировке КПО можно применить приемы, обеспечивающие экологически нормальные условия сосуществования объекта и окружающей среды: ориентация зданий, защитные зеленые насаждения, шумозащитные экраны, учет рельефа [10].

4. Пешеходная дистанция от трассы

Проектирование объектов КПО должно соответствовать действующим нормам¹³ для обеспечения безопасной пешеходной зоны придорожного обслуживания. Объекты обслуживания автотранспорта – АЗС и станции технического обслуживания необходимо размещать в радиусе пешеходной доступности от трассы, который равен 50 м. Объекты общественного питания, мотели, зоны отдыха необходимо располагать за пределами этой зоны при радиусе от АЗС на 150 м. Рекреационно-туристские объекты располагаются на расстоянии от КПО радиусом 500 м. Таким образом, все общественные образования размещаются на определенном нормативном расстоянии от трассы и самого КПО.

¹¹Область обслуживания Staaldeep // WEGENWIKI.NL : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: https://www.wegenwiki.nl/Verzorgingsplaats_Staaldeep (дата обращения: 23.10.2018).

¹²Kanvila zippi ja suhaus // WAY.FI : ежедн. интернет-изд. 2008. URL: https://way.fi/kahvila_zippi_ja_suhaus (дата обращения: 23.10.2018).

¹³Бородина С.Г., Елизарова В.В. Методические рекомендации. Контроль за соблюдением норм, правил и стандартов при проектировании и строительстве придорожных сооружений (объектов сервиса). М. : НИЦ ГИБДД МВД России. 2004. 28 с.

5. Учет восприятия путника

Восприятие придорожных объектов идет в двух взаимно противоположных направлениях. Восприятие ПО при подъезде имеет один характер, объекты зрительно увеличиваются, «вырастают» при удалении, при отъезде объем зрительно уменьшается и «пропадает». С учетом движения в двух направлениях, необходимо размещать композиционные акценты с двух сторон от КПО. Таким образом, для учета восприятия необходимо учитывать сценарий движения проезжающих вдоль дороги.

6. Интеграция в природную среду

В открытой местности КПО желательно размещать, учитывая особенности окружающей среды, характера ландшафта, близости к акватории и использовать наиболее привлекательные места, которые будут интересны путникам своей природой и красивыми видами. Архитектура КПО может основываться на контрасте с окружающей средой [9], но формы и элементы объекта должны гармонично вписаться в окружающую природную среду.

7. Учет туристической привлекательности

Для организации КПО наиболее значимым может являться расположение придорожных пространств в туристско-рекреационной зоне. Необходимо расположить КПО в пешеходной доступности на основных туристических маршрутах и создать новую точку для возникновения новой привлекательной туристической зоны. Появляется туристическая значимость объекта и интерес туристов к времяпровождению в КПО [2]. В составе объекта КПО может выступать в культурно-исторической среде, способствовать познанию окружающей среды, общению и отдыху.

Заключение

Исследование опыта развития структуры придорожного сервиса на примере зарубежных регионов показывает, что при формировании КПО следует применять комплексный подход, обеспечивая придорожному сервису современное развитие. Для целостного формирования КПО необходимо в проектировании учитывать представленные в статье принципы многофункциональности, целостности, экологичности, пешеходной дистанции от трассы, учета восприятия путника, интеграции в природную среду, учета туристической привлекательности. При применении этих принципов для создания ПО можно получить кластерный подход в развитии придорожных систем обслуживания и стимулировать внутренний автотуризм. В результате повысится конкурентоспособность всего региона, появятся новые точки роста придорожного сервиса в экономике региона.

Список библиографических ссылок

1. Портер М. Э. Конкуренция. М. : Дом Вильямс, 2001. 221 с.
2. Шувалов В. М. Развитие форм придорожных рекреационных объектов. М. : Архитектура-С, 2012. 219 с.
3. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей в США. М. : МАДИ, 1999. 202 с.
4. Бугроменко В. Н., Блажнов Р. В. Белая книга автодорог Оренбургской области. М. : Эпифания, 2002. 122 с.
5. Уиллис С. Римский придорожный поселок и многопериодный ритуальный комплекс в Неттоне и Ротвелле, Линкольншир. Великобритания : Berforts Information Press, 2013. 443 с.
6. Видавский К., Вирсяковский Дж. География туризма стран Центральной и Восточной Европы. Switzerland : Springer International Publishing AG, 2017. 345 с.
7. Джакл Д. А., Скалле К.А. Вспоминая придорожную Америку. USA : The University of Tennessee Press. 2011. 284 с.
8. Джаго А. Услуги мобильного сервиса: окончательное руководство. USA : Pearson Education. 2002. 480 с.

9. Эгберг У., Фриис П. Красивые дороги – справочник по дорожной архитектуре. Denmark : Designs and Parents Act, 2002. 64 с.
10. Денисенко Е. В. Тенденции развития архитектуры на современном этапе // Дизайн-ревью. 2014. № 1-2. С. 93–102.

Khusnutdinova Alsu Fandusovna

architect

E-mail: husnut94@mail.ru**Architectural bureau IDOL GROOP**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Chernyshevskogo st., 43/2, of. 214

Zabruskova Marina Yuryevna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: zmarina9@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles of formation of roadside service clusters in the structure of the region**Abstract**

Problem statement. The article discusses the development of roadside service complexes, identifying development paths and general methods for solving problems of comfortable roadside space. The goal is to identify the principles and methods of organizing the software system and developing a network of roadside services in the region.

Results. The main results of the research consist in identifying a typology of the territorial location of roadside complexes, taking into account the principles of multifunctionality, integrity, environmental friendliness, pedestrian distance from the road, taking into account the perception of the traveler, integration into the natural environment, accounting for tourist attractiveness. A comprehensive analysis of foreign experience of the organization of the software system. It is proposed to identify the need to move from individual software to form them in the form of a cluster.

Conclusions. The significance of the results obtained for architectural practice consists in obtaining new techniques for organizing roadside service zones. The proposed principles of roadside service cluster (RSC) organization can be used as a basis for the cluster approach of software design in the structure of a region.

Keywords: roadside service complex, location of roadside facilities (RF), RF infrastructure, roadside service cluster, RF formation principles.

References

1. Porter M. E. Competition. M. : Dom Williams, 2001. 221 p.
2. Shuvalov V. M. The development of forms of roadside recreational facilities. M. : Arhitectura-C, 2012. 219 p.
3. Kuznetsov E. S. Technical maintenance of cars in the USA. M. : MADI, 1999. 202 p.
4. Bugromenko V. N., Blazhnov R. V. White book of highways of the Orenburg region. M. : Epiphaniya, 2002. 122 p.
5. Willis S. Roman roadside village and multi-period ritual complex in Nettton and Rothwell, Lincolnshire. United Kingdom: Berforts Information Press, 2013. 443 p.
6. Widawski K., Wyrzykowski J. The Geography of Tourism of Central and Eastern European Countries. Switzerland : Springer International Publishing AG, 2017. 345 p.
7. Jakle J. A., Sculle K. A. Remembering roadside America. USA : The University of Tennessee Press. 2011. 284 p.
8. Jagoe A. Mobile location services: the definitive guide. USA : Pearson Education. 2002. 480 p.
9. Egebjerg U., Friis P. Beautiful roads – a handbook of road architecture. Denmark : Designs and Parents Act, 2002. 64 p.
10. Denisenko E. V. Trends in the development of architecture at the present stage // Dizain-revu. 2014. № 1-2. P. 93–102.

УДК 728

Юсупова Элина Эдуардовна

архитектор-проектировщик

E-mail: usupova_elina@mail.ru**Архитектурно-проектное бюро ООО «Солев»**

Адрес организации: 420141, Россия, г. Казань, ул. Салиха Батыева, д. 17, оф. 11

Короткова Светлана Геннадьевна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: svetlkor@yandex.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Условия развития адаптированного жилья для маломобильных групп населения с учетом территориальных особенностей

Аннотация

Постановка задачи. Основной целью исследования является систематизация методов проектирования и строительства многофункциональных жилых комплексов с учетом проживания инвалидов. Следует пересмотреть аспекты их градостроительного размещения и предложить модель адаптированного жилья с учетом его местоположения.

Результаты. Раскрыто понятие многофункционального жилья и рассмотрены основные критерии его проектирования с учетом местоположения относительно города.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в классифицировании моделей адаптированного жилья для маломобильных групп населения с учетом территориального расположения, которые могут лечь в основу проектирования и облегчить выбор типологии многофункциональных жилых комплексов.

Ключевые слова: многофункциональные жилые комплексы, модель адаптированного жилья, тип жилища для маломобильных групп населения.

Введение

До середины XX века людей с отклонениями в здоровье рассматривали как группу, которая функционирует вне современного общества. В России остро стоит вопрос адаптации жилья для маломобильных групп населения (МГН). Нельзя забывать, что, помимо инвалидов, к ним относятся также пожилые люди, люди с временными травмами, беременные женщины и мамы с детьми до трех лет, которым приходится передвигаться с тяжелыми детскими колясками. Современные жилые комплексы необходимо проектировать так, чтобы они соответствовали потребностям всех групп населения. Жилое пространство нужно организовывать таким образом, чтобы в нем обеспечивались оптимальные условия для самообслуживания, работы и отдыха, что позволит людям с ограничениями в движении вести самостоятельный образ жизни и не зависеть от окружающих.

Состояние проблемы в Российской Федерации

Население России на 1 января 2018 года составляет приблизительно 146,880 млн. человек. По этому показателю наша страна занимает девятое место в мире по численности населения. По данным Росстата, на тот же момент у нас в стране насчитывается 12,1 млн. человек всех групп инвалидности (8,2 % населения России). 1,6 млн. из них – работающие. Согласно статистике социологического центра доля детей-инвалидов приблизительно равна 0,7 миллионов. Около 5 % людей рождаются уже с отклонениями. Наибольшее число инвалидов – это пенсионеры. На сегодняшний день их доля составляет около 46,5 млн. человек или 31,7 % от общего числа граждан Р.Ф. При этом работающие пенсионеры также составляют одну третью часть от общего числа пожилых людей. По данным соцопросов практически половина лиц старше трудоспособного возраста предпочитают заниматься какими-либо видами активного отдыха, среди которых наиболее распространены плавание, спортивный туризм, игры на открытом воздухе. Помимо спортивных мероприятий большой процент людей в старшем

возрасте посещает религиозные учреждения. Концерты, театры и рестораны тоже считаются частыми местами посещения небольшого процента пожилых людей [1].

Необходимо помнить, что люди с ограниченными возможностями зачастую обладают внутренней силой воли. Многие из них способны достичь даже больших высот, чем обычные здоровые люди. Для улучшения физического здоровья необходимо вести активный образ жизни. Инвалиды не должны быть исключением. Но, судя по статистике, 85 % опрошенных инвалидов в возрасте от 15 лет и более не могут вести здоровый активный образ жизни, так как им не позволяет здоровье или возраст, а 4,5 % просто не имеют такого желания. Одной из причин является окружающая среда, не приспособленная для занятий спортом (отсутствие специальных площадок с тренажерами для инвалидов, отсутствие пандусов и специальных подъемников и т.п.). Помимо этого, благодаря проведенным опросам, были выявлены основные виды помощи, необходимые людям с ограниченными возможностями. Во-первых, важнейшей оказалась помощь в медицинском обслуживании, во-вторых, нехватка оздоровительных санаториев и баз отдыха, в-третьих, потребность в услугах социальных работников, в материальной и психологической помощи [2].

Сегодня в сфере строительства жилых зданий отдается предпочтение многофункциональным жилым комплексам с развитым сегментом обслуживания. Такие дома можно назвать наиболее эффективной формой организации жилой среды крупных городов, так как в них удовлетворяются потребности жильцов не только в жилье, но также в отдыхе и даже в предоставлении рабочих места. В понятие жилой среды входят не только сами дома, но и социально-культурные объекты, которые либо встраиваются в основной объем здания, либо располагаются неподалеку отдельными блоками. Благодаря близости первичных общественных функций обычные жилые дома становятся многофункциональными жилыми образованиями, что играет важную роль в комфортном проживании наиболее уязвимой части нашего населения (рис. 1).

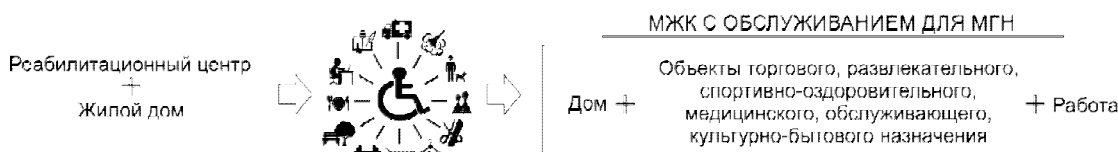


Рис. 1. Структура МЖК с обслуживанием (иллюстрация авторов)

Исторические этапы развития многофункционального жилища

Подобные формы организации жилья можно выделить в истории развития строительства России с начала XIX века. Первыми появились так называемые дома трудолюбия. В подобных домах незащищенным слоям населения предлагалась оплачиваемая работа, еда и даже жилье. Проживание было относительно свободное, а участие в труде – добровольное. Дома трудолюбия поначалу функционировали в качестве некой биржи труда, где помогали найти работу тем, кто ее утратил и тем, кто никогда ранее ее не имел. В основном это были ремесленные производства. Часто в составе таких домов функционировали ясли, детские школы, а также воскресные школы, где проводились практические курсы для взрослого населения. В добавление к этому там устраивались амбулатории [3].

В начале XX века начала развиваться концепция домов с коллективным обслуживанием, которые называли домами-коммунами. Проживание в них предполагало совместное использование дополнительных площадей (кухни, ванные, прачечные). Такое коллективное обслуживание значительно удешевляло стоимость жилья. Многие архитекторы проектировали коммуны в качестве единого объема здания, соединявшего в себе жилые помещения и коммунальные учреждения. Жители нескольких квартир вместе воспитывали детей, занимались уборкой и готовкой, имели общие санузлы и ванные комплексы. Бани и прачечные здесь предполагались общими для всех жильцов.

В 1934 году в бывшем Ленинграде был построен дом-коммуна с общей столовой, клубным и читальным залом, детским садом, амбулаторией и стационаром, аптекой, гаражом и т. п. В нем было запроектировано 200 квартир, емкость которых определялась

из расчёта один человек на комнату. Вскоре жильцы коммуны подверглись гонениям, а сам дом был полностью реконструирован, как и многие подобные ему.

Дома-коммуны были одними из первых домов с обслуживанием, но они, в первую очередь, строились, чтобы контролировать рабочий класс. Об удобстве проживающих в то время никто не задумывался.

В 1950-е годы концепция строительства жилой отрасли кардинально меняется. Как и дома-коммуны, жилье в этот период строилось для рабочего класса, но уже не ради контроля, а исключительно для удобства проживания. Теперь город застраивался по принципу организации инфраструктуры, кварталы стали образовывать жилые группы, внутри которых появлялись полузамкнутые дворы. Там проектировались школы и детские дошкольные учреждения. Учреждения бытового обслуживания и магазины начали размещать в жилых зданиях на первых этажах. Обслуживающие функции входили в состав жилых комплексов, но для них выделялись отдельные здания. Жилье размещалось по-прежнему по периметру территории.

В 1960-х гг. в ответ на резко увеличившуюся плотность застройки городской среды появляется идея строительства многоэтажных жилых комплексов. В результате выделения функциональных процессов из жилища город разделился на деловую и жилую зоны, вследствие чего возникли проблемы с инфраструктурой города и транспортным сообщением. Это негативно отразилось на социальной структуре городской среды.

Организации обслуживания жилых кварталов устанавливала свои требования, которые способствовали появлению предприятий первой ступени обслуживания населения. К ним относятся рекреационные предприятия, хозяйственно-бытовые, торговые, физкультурно-оздоровительные, образовательные, детские учреждения и другие. Таким образом, с развитием урбанизации в России начали появляться первые жилые комплексы с обслуживанием. До этого момента административно-деловой элемент в жилом сегменте практически не встречался. Вся практика строительства такого типа носила экспериментальный характер (например, Олимпийская деревня в Москве). В этот переломный период и у нас в стране, и за рубежом начинает происходить формирование основополагающих концепций строительства нового типа жилища, структура которого определяется несколькими основными пунктами:

1. системой первичного обслуживания;
2. удобной и продуманной инфраструктурой (транспортные и пешеходные связи с местами приложения труда, общественными центрами и зонами отдыха);
3. формированием благоприятных условий быта и отдыха.

Также при проектировании жилого комплекса необходимо учитывать местные природно-климатические особенности для формирования наиболее благоприятных санитарных условий. Важно учесть наличие развитой системы озеленения, что будет способствовать улучшению микроклимата. Территория под застройку должна быть использована наиболее рационально.

В 1970-1980 гг. в Советском Союзе начали проводить многочисленные конкурсы, где нужно было предоставить проекты многоэтажных жилых домов с развитой системой социально-бытового обслуживания. В ходе этого процесса выявлялись различные приемы проектирования, был предложен основной перечень помещений с обслуживающей функцией, а также была вычислена их суммарная площадь (0,5-0,75 м² на человека). Архитекторы поняли, что системный подход к застройке города имеет большие преимущества, поэтому жилищное строительство стало неотделимо от проектирования социально- и культурно-бытового обслуживания населения в купе с инженерным оснащением комплекса и благоустройством территории под ним. Такие многоэтажные жилые комплексы предоставляли большое разнообразие взаимосвязей между жилыми и общественными функциями.

В 1990-е годы в нашей стране впервые реализуются проекты высотных жилых комплексов с развитой социально-бытовой системой обслуживания, которые отвечают основным требованиям жителей. Благодаря оптимальной функциональной насыщенности, эффективному использованию территорий и комфортной среде для проживания, они получили большое распространение, однако на тот момент подобный вид жилья был доступен только людям с высоким достатком. В этот период

отечественная и зарубежная практика проектирования становятся похожи. Выделяются основные зоны многофункционального жилого комплекса (МЖК): жилая, офисная, обслуживающая зона (рестораны, концертные залы, спортзалы, магазины и т.д.) и прочие технические помещения. Исходя из этого, при формировании и проектировании крупных жилых образований необходимо применять системный подход и учитывать при строительстве функциональные, экономические, социальные и прочие факторы [4].

Особенности формирования многофункциональных комплексов с адаптированным жильем

На современном этапе проектирование и строительство многофункциональных градостроительных жилых комплексов с обслуживанием в России состоит из нескольких основных задач. К ним относится не только создание развитого общественно-обслуживающего сектора, но и пространственная организация комфортабельной среды для проживания всех слоев населения. При этом необходимо сохранить архитектурную целостность застройки всей планировочной структуры города и пространственно-функциональную связь с внешним урбанизированным окружением. Связь с городским окружением заключается не только в наличии транспортных проездов и пешеходных коммуникаций. Сюда входит также наличие рекреационных зон и обслуживающих сегментов, которые функционируют на всей территории города. К условиям, влияющим на формирование оптимального МЖК, также относится размер участка, его местонахождение, ландшафт, ориентация по сторонам света, архитектурно-планировочная связь с окружающей застройкой, наполненность необходимыми бытовыми и обслуживающими функциями и др. Это и есть градостроительный аспект, влияющий на формирование жилого комплекса в конкретном городском окружении.

МЖК, в зависимости от своего местоположения и этажности, могут решать различные социальные проблемы. Они позволяют наиболее эффективно использовать территорию под застройку, размещая сегменты первичного обслуживания в нижних уровнях зданий, а жилые зоны – в верхних. Таким образом, происходит вертикальное зонирование комплекса, что предполагает параллельное развитие инфраструктуры жилья и системы обслуживания. Эта взаимосвязь предлагает большое количество вариантов зонирования. Помимо первичных функций организации комфортабельной и полноценной среды жизнедеятельности, система социально-бытового обслуживания также решает ряд задач специализированного назначения по уходу за «маломобильными» группами населения.

Размещение встроенно-пристроенных объектов социального и коммунально-бытового назначения в структуру жилого здания разрешается только при соблюдении особых требований:

- 1) необходимо запроектировать отдельные от дворовой территории входы для посетителей;
- 2) необходимо обеспечить посетителей дополнительными парковочными местами и удобными подъездами к функциональным блокам обслуживания;
- 3) важно обеспечить функциональные блоки собственными системами систем инженерного обеспечения, не зависимыми от жилых блоков;
- 4) важно на этапе строительства установить противопожарные и звукоизолирующие перекрытия, стены и перегородки, отделяющие жилую зону от общественной.

Исследование Б.Л. Крундышева выявляет ряд наиболее распространенных видов планировочных взаимосвязей жилого сегмента с функциональными блоками обслуживающего назначения:

- 1) горизонтальное зонирование (жилая и обслуживающая функции располагаются на разных уровнях МЖК);
- 2) вертикальное зонирование (жилая и обслуживающая функции располагаются в многоуровневых функциональных блоках, связанных между собой);
- 3) близкораздельная компоновка (жилая и обслуживающая функции находятся в раздельных блоках в пределах шаговой доступности);
- 4) раздельное горизонтальное зонирование (жилая и обслуживающая функции находятся на достаточно большом расстоянии друг от друга).

Также Б.Л. Крундышевым выявлено три уровня градостроительной ситуации (УГС), которые зависят от этажности:

- первый УГС – ЖК, в состав которого входят усадебные и блокированные жилые дома с придомовыми участками;
- второй УГС – ЖК, включающий в себя здания малой и средней этажности;
- третий УГС – ЖК, состоящий из многоэтажных зданий.

Внутреннее содержание многофункционального жилого комплекса, его величина, плотность застройки, типология жилья зависит от конкретных градостроительных условий его размещения и требований потребителей [5].

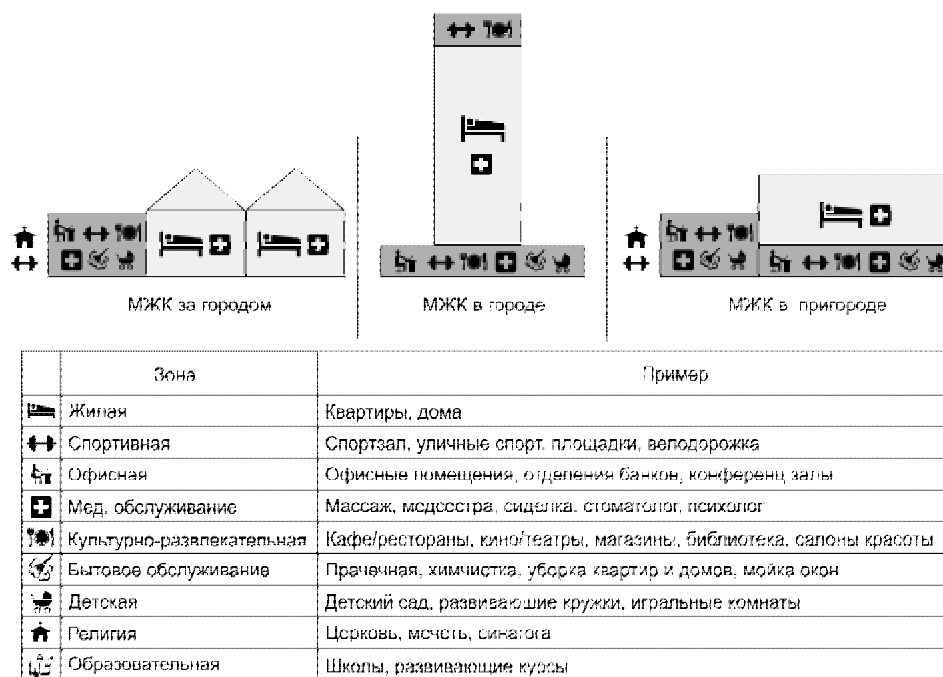


Рис. 2. Схема дифференциации функциональных особенностей (иллюстрация авторов)



Рис. 3. Схема дифференциации территориальных особенностей (иллюстрация авторов)

Приведенные выше классификации позволяют вывести три основных условия проектирования жилых многофункциональных домов в зависимости от их месторасположения (рис. 2-3).

1. Размещение за городом

В загородных жилых комплексах предпочтение отдается строительству одно-двухэтажных усадебных или блокированных домов. Большие площади предоставляют больше возможностей для размещения функциональных блоков на территории поселка.

Это могут быть детские сады, школы, спортивно-оздоровительные центры, торгово-развлекательные комплексы, медицинские блоки с обслуживанием, зимние сады и другое.

Загородные жилые комплексы имеют следующие преимущества. Близость к природе, отсутствие шумных магистралей, свежий воздух, большой процент озеленения территории, безопасность проживания – все это оказывает положительное влияние на физическое, психологическое и эмоциональное состояние жителей. Комфортным является наличие террас или придомовых участков, наличие парковочных мест, детских и спортивных площадок, необходимой инфраструктуры.

К недостаткам загородных жилых комплексов можно отнести увеличение эксплуатационных расходов на обслуживание дома, в сравнении с затратами на квартиру, а также удаленность от центра города.

В качестве примера можно привести проект типового пансионата для пожилых людей, разработанный архитектурной мастерской AMD Architects для социального гериатрического центра «Опека» в России.

Архитекторы данного проекта разработали объект по принципу модульности: блоки здания собираются в единую конструкцию, имеющую сложный план, поэтому комплекс выглядит не как единое здание, а, скорее, как поселок, где каждый дом имеет свою собственную террасу с садом. Жилые блоки вместимостью по 4 человека группируются вокруг гостиных блоков, формируя сегменты, функционирующие вне зависимости от других. У каждого такого модуля имеется своя кухня, комната для сиделок и обслуживающая зона. Все эти сегменты соединяются в единую цепь, что позволяет персоналу беспрепятственно передвигаться между блоками. В этой связке располагаются и административно-медицинские модули. Важный дизайн-принцип данного проекта – это интеграция в природные ландшафт путем развития объема здания вокруг водоема с прогулочной зоной либо другого объекта ландшафтной архитектуры [6].

2. Размещение в пригороде

Так называемый горизонтальный вид многофункционального жилого комплекса, который чаще всего располагают на окраинах города. Здесь больше свободных площадей и меньше застройки, поэтому застройщики отдают предпочтение строительству МЖК со средней этажностью до 5 этажей. Такая высота проживания будет благоприятно влиять на психическое самочувствие человека. Общественные блоки также могут быть расположены в первом ярусе строений, но могут находиться в пределах шаговой доступности от жилого здания.

Горизонтальные многофункциональные жилые комплексы имеют свои преимущества:

- большая площадь придомовой территории по сравнению с вертикальными МЖК;
- удаленность от источников раздражения (шумов и пыли магистралей);
- наличие необходимой инфраструктуры (парковочных мест, детских и спортивных площадок и т. д.);
- невысокая стоимость жилых и нежилых квартир по сравнению с вертикальным комплексом;
- большой потенциал озеленения на территории.

К основному недостатку горизонтальных жилых комплексов относится удаленность от центра города, где находятся офисы крупных компаний, государственные и правительственные учреждения.

Примером является жилой комплекс 8 HOUSE в Копенгагене, архитектурное бюро Bjarke Ingels Group (BIG).

Огромный жилой комплекс 8 House площадью 61 тыс. м² располагается на окраине развивающегося района Орестад в Копенгагене. Помимо жилого сегмента, в его состав входит 10 тыс. м² офисных помещений и различных магазинов. Внутри здания запроектировано два замкнутых двора, которые разделяются крестом-перемычкой с общественными пространствами внутри нее. Западная часть комплекса с ее зеленой зоной объединяется с южной частью, где расположены водные каналы, благодаря широкому удобному коридору. Жилая и общественная функции здесь разделены не по блокам, а по уровням, благодаря чему различные горизонтальные слои получили

соответствующие преимущества: жилье – прекрасный вид из окон, солнечный свет и много воздуха, коммерческие площади – прямой выход на улицу. В 8 HOUSE расположено 475 квартир, среди которых есть таунхаусы и пентхаусы, занимающие весь верхний этаж. Все квартиры оборудованы индивидуальными террасами с личным местом отдыха. В здании много необычных решений, например, велосипедная дорожка, пронизывающая дом с первого по 11 этаж и позволяющая жильцам въезжать на велосипеде с улицы прямо к дверям своей квартиры [7].

Размещение в структуре города

Непосредственно в самом городе предлагается проектирование и размещение многоэтажных компактных жилых комплексов (вертикальный вид МФК), занимающих меньшие площади под свое строительство и являющихся наиболее удобными и безопасными для проживания в них маломобильных групп населения. Здесь жилые и общественные функции располагаются в одном большом объеме и могут соединяться благодаря вертикальным и горизонтальным связям. Чаще всего под общественные функции отводятся первые этажи здания, но иногда и верхние. Для этого необходимо предусмотреть раздельное движение потоков жильцов и гостей комплекса.

В качестве преимуществ вертикальных многофункциональных жилых комплексов, можно назвать экономию времени для жильцов (в таком комплексе появляется возможность одновременно отдыхать, работать и жить, благодаря чему у жителей не будет необходимости ежедневно тратить время на дорогу), развитую инфраструктуру, снижение коммунальных платежей для жителей комплекса (значительная часть выплат приходится на долю предприятий, действующих внутри комплекса).

Основные недостатки вертикального многофункционального жилого комплекса – это неблагоприятные экологические условия (загазованность воздуха, шум, пыль от транспорта), отсутствие свободного пространства на территории и около нее (так как здание находится в центре города, существуют проблемы с вместимостью парковочных мест и гаражей, недостаточным размером детских и спортивных площадок, нехваткой озелененных территорий); высокая стоимость жилья и нежилых коммерческих помещений.

Наглядным примером данного расселения является жилой комплекс La Liberté от Dominique Perrault Architecture, Гронинген, Нидерланды, 2011 год.

Этот проект состоит из двух многофункциональных башен высотой 80 м и 40 м.

Обе жилые башни расположены на остекленных платформах, в которых размещены офисные помещения и магазины. Жилая функция отделена террасой, на уровне которой проходит мост, соединяющий здания между собой [8].

Заключение

Таким образом, можно сказать, что градостроительный аспект – это один из важнейших факторов при проектировании многофункциональных жилых домов и комплексов. Местоположение проекта и высота здания должны учитывать окружающую застройку и ландшафтные особенности территории. Функциональная насыщенность жилого комплекса напрямую связана с этажностью и местоположением здания в структуре города, района, микрорайона, улиц и общественных центров. По тем же параметрам для обеспечения необходимого уровня гигиенического комфорта в жилых зданиях и на территории жилых образований выявляется необходимость устройства различных мероприятий, таких как защита зданий от ветра и шума.

Учет потребностей маломобильных групп населения и предоставление им бытового и медицинского обслуживания в структуре жилого комплекса являются решением социальной жилищной проблемы. Благодаря планированию и строительству подобных жилищных структур создаются условия для застройки жилых районов более выразительными объемно-пространственными элементами, включающими в себя все необходимые сферы жизни человека (дом, работа, отдых). Помимо этого создаются подходящие и благоприятные условия для проживания, общения и взаимопомощи людей старшей возрастной группы и инвалидов с обычными здоровыми людьми. Правильная архитектура способна также сглаживать негативные последствия старения населения и благоприятно влиять на физическое, психическое и эмоциональное состояние всех слоев населения.

Многофункциональные жилые комплексы с встроенными элементами обслуживания оказались настолько универсальны, что с успехом используются в самых разнообразных градостроительных ситуациях, изменяя свою величину и этажность и постоянно варьируя набором функциональных элементов.

Список библиографических ссылок

1. Население России // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_России (дата обращения: 22.10.18).
2. Статистика инвалидности в России. URL: http://specialbank.ru/2016/10/18/stats_russia (дата обращения: 22.10.18).
3. Дом трудолюбия // Материал из Википедии – свободной энциклопедии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дом_трудолюбия (дата обращения: 22.10.18).
4. Скоблица Ю. А. Эволюция проектирования многоэтажных российских жилых комплексов с обслуживанием // Архитектон: известия вузов. 2011. № 36. С. 65–74.
5. Крундышев Б. Л. Универсальная среда жизнедеятельности для маломобильной группы населения (пути формирования) // Архитектура и современные информационные технологии. 2009. № 4 (9).
6. Современный пансионат для пожилых людей Парк Отель Опека. URL: <https://sgc-opesa.ru/o-kompanii/investitsionnyy-proekt/> (дата обращения: 22.10.18).
7. Жилой комплекс 8 HOUSE, Копенгаген // Livejournal. URL: <https://varlamov.ru/539603.html> (дата обращения: 22.10.18).
8. Жилой комплекс La Liberté от Dominique Perrault Architecture. Гронинген, Нидерланды // Архи Новости. URL: <http://www.arhinovosti.ru/2012/09/08/zhiloi-kompleks-la-liberte-CC%81-ot-dominique-perrault-architecture-groningen-niderlandy/> (дата обращения: 22.10.18).
9. Калмет Х. Ю. Жилая среда для инвалидов. М. : Стройиздат, 1990. 128 с.
10. Ушницкая Л. Е., Антонова Е. А. Современные проблемы многофункционального жилого комплекса // Молодой ученый. 2016. № 26. С. 395–397.
11. Денисенко Е. В. Тенденции развития архитектуры в XXI веке : сб. науч. трудов II международной конференции / ООО «Ареал». Н. Новгород, 2015. С. 140–142.
12. Лисициан М. В., Пронина М. В. Архитектурное проектирование жилых зданий. М., 2006. 488 с.
13. Andrea Bacova. Housing Concepts // OIKODOMOS. 2011. 37 p. URL: http://www.oikodomos.org/resources/housing_concepts.pdf (дата обращения: 22.10.18).
14. Aimi Hamraie. Building Access Universal Design and the Politics of Disability. America, 2017. 352 p.

Iusupova Elina Eduardovna

architect-designer

E-mail: usupova_elina@mail.ru

Architectural and design bureau LLC «Solev»

The organization address: 420141, Russia, Kazan, Saliha Batyeva st., 17, off. 11

Korotkova Svetlana Gennadievna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: svetlkor@yandex.ru

Kazan State University of Architecture Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The model of adapted housing for the less mobile groups of the population, taking into account the territorial features

Abstract

Problem statement. One of the objectives of the study is to systematize the design and construction methods of multifunctional residential complexes with regard to objects. It is

necessary to revise the aspects of their town planning location and propose a model of adapted housing in the light of its provisions.

Results. The concept of multifunctional housing is disclosed and the main criteria of its design are considered taking into account the location in relation to the city.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in classifying the models of adapted housing for the low-mobile groups of the population, taking into account the territorial location, which can form the basis for designing and facilitate the choice of typologies of multifunctional residential complexes.

Keywords: multifunctional residential complexes, the model of adapted housing, the type of dwelling for the low-mobile groups of the population.

References

1. The population of Russia // Wikipedia material – a free encyclopedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Population_Russia (reference date: 22.10.18).
2. Statistics of disability in Russia. URL: http://specialbank.ru/2016/10/18/stats_russia (reference date: 22.10.18).
3. House of industriousness // Material from Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дом_трудолюбия (reference date: 22.10.18).
4. Skoblitsay Yu. A. Evolution of the design of multi-storey Russian residential complexes with maintenance // *Arhitekton: izvestiya vuzov*. 2011. № 36. P. 65–74.
5. Krundyshev B. L. Universal living environment for the limited mobility population (path of formation) // *Arhitektura i sovremennyye informatsionnyye tehnologii*. 2009. № 4 (9).
6. Modern pension for older people Park Hotel Opeka. URL: <https://sgc-opeca.ru/o-kompanii/investitsionnyy-proekt/> (reference date: 22.10.18).
7. Residential complex 8 HOUSE, Copenhagen // Livejournal. URL: <https://varlamov.ru/539603.html> (reference date: 22.10.18).
8. Residential complex La Liberté by Dominique Perrault Architecture. Groningen, The Netherlands // Arch News. URL: <http://www.arhinovosti.ru/2012/09/08/zhilobj-kompleks-la-liberte%CC%81-ot-dominique-perrault-architecture-groningen-niderlandy/> (reference date: 22.10.18).
9. Calmet H.Yu. Living environment for the disabled. M. : Stroizdat, 1990. 128 p.
10. Ushnitskaya L. E., Antonova E. A. Modern problems of a multifunctional residential complex // *Molodoy ucheniy*. 2016. № 26. P. 395–397.
11. Denisenko E.V. Trends in the development of architecture in the XXI century: Sat. scientific proceedings of the II International Conference / LLC «Areal». N. Novgorod, 2015. P. 140–142.
12. Lisitsian M. V., Pronin M. V. Architectural design of residential buildings. M., 2006. 488 p.
13. Andrea Bacova. Housing Concepts // OIKODOMOS. 2011. 37 p. URL: http://www.oikodomos.org/resources/housing_concepts.pdf (reference date: 22.10.18).
14. Aimi Hamraie. Building Access Universal Design and the Politics of Disability. America, 2017. 352 p.



УДК 711.554

Закирова Юлия Александровна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: jzakirova@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Юнусова Юлия Владиславовна

менеджер департамента технологии и временной инфраструктуры

E-mail: yunusova.y.v@yandex.ru

АНО «Дирекция спортивных и социальных проектов»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, Деревня Универсиады, д. 35

Принципы редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определить принципы редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Куйбышевского водохранилища в границах Казанской агломерации. Исследование актуально для практики градостроительного планирования как для Республики Татарстан, так и для территорий агломераций России со сходными ландшафтно-географическими условиями и планировочной структурой поселений.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении принципов редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Куйбышевского водохранилища в границах Казанской агломерации, разработке комплексной модели развития этих территорий.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и современной градостроительной отрасли заключается в том, что на основе разработанных принципов формируется комплексная модель реорганизации производственных зон, которая предполагает активную интеграцию берегового пространства в структуру поселений. На основе принципов и сформированной комплексной модели даны более детальные рекомендации по развитию производственных территорий в береговой зоне Куйбышевского водохранилища для отдельных фрагментов поселений в границах Казанской агломерации.

Ключевые слова: береговая зона, редевелопмент, производственные территории, Казанская агломерация.

Введение

Для большинства российских городов, основанных на берегу рек характерно размещение производственных территорий в береговой зоне. Все изменения, ограничения и возможности строительства в береговом пространстве в нашей стране регламентируются и прописываются в Водном кодексе Российской Федерации («Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ, ред. от 29.07.2017). Согласно этому документу существуют такие термины: береговая линия, водоохранная зона, береговая и прибрежная защитная полоса. Под береговой линией подразумевается граница водного объекта, которая устанавливается Правительством РФ. Береговая полоса – полоса вдоль береговой линии водного объекта общего пользования, шириной 20 м. Водоохранная зона – территория, которая примыкает к береговой линии рек и где устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водных объектов и истощения их вод. Ширина водоохранной зоны варьируется от протяженности рек: от 50 до 200 м. В ее границах допускается проектирование, строительство, реконструкция и т. д. при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды. Прибрежная защитная полоса – полоса в пределах водоохранной зоны, на которой вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности. Ее параметры зависят от уклона берега.

На основе вышеуказанных определений в рамках научно-исследовательской работы и дальнейшей проектной концепции предложен и сформулирован термин береговая зона. Береговая зона – береговая территория, с одной стороны ограниченная зоной водного ресурса, с другой барьером природного (например, рельеф или лесной массив) или антропогенного (например, железная дорога или автомобильная магистраль) характера. Ширина береговой зоны может варьироваться с учетом размещения функциональных зон, согласно Правилам землепользования и застройки и Генеральному плану поселения.

Необходимо также уточнить понятие редевелопмента производственных территорий, поскольку в российском законодательстве определение отсутствует. Вообще концепция реконструкции промышленных территорий возникла в Англии как реакция на сопутствующие индустриализации и урбанизации, все более нарастающие антисанитарные условия в городах. Реконструкция промышленных территорий стала следствием индустриализации ряда крупных городов, начавшейся в XX веке, которая сопровождалась переносом промышленных мощностей в развивающиеся страны из развитых стран, а также выносом промышленных функций за пределы жилых районов городов с последующей их концентрацией на территориях, выделенных специально для этого [1]. Данные процессы способствовали появлению многочисленных терминов, трактующих преобразование производственных зон: реконструкция, джентрификация, реновация, редевелопмент. По сути каждый из терминов с использованием различных инструментов подразумевает в большей или меньшей степени, изменение физических параметров, структурных и функциональных характеристик, с целью раскрытия потенциала или повышения эффективности использования территорий.

С точки зрения структурных и функциональных характеристик можно выделить два основных режима развития таких территорий – сохранение и реорганизация. Сохранение может выражаться в виде интенсификации и модернизации производства. В то время как реорганизация может подразумевать под собой смену функционального использования или внедрение общественной функции [2, 3]. Реорганизация с точки зрения изменения физических параметров в научной литературе имеет множество определений. Одним из наиболее употребляемых является «редевелопмент». Согласно определению Быстрова П.Н., Закирова Р.С. («К вопросу о редевелопменте промышленных территорий в центральной части города». Известия КГАСУ, 2006, № 1 (5): «Редевелопмент – это процесс вторичного комплексного развития территории (её «возрождения»), процесс преобразования объектов недвижимости, уже имеющихся на территории (в основном, на базе ветхого фонда), в совершенно новые, часто с изменением их функционального назначения».

Программа редевелопмента активно используется во всём мире для развития нерационально используемых производственных городских территорий [1-4]. По действующему закону штата Калифорния, редевелопмент – это перепланирование, реорганизация, модернизация, ликвидация, восстановление, реконструкция или любая комбинация вышеперечисленных действий по отношению к территориям, а также промышленным, жилым, общественным, коммерческим и иным видам недвижимости, направленная на повышение общего благосостояния [5, 6, 8].

На основе вышеуказанных определений можно сделать вывод, что редевелопмент – комплексная трансформация территории или объекта с целью повышения социальной и экономической эффективности территории, что также предполагает решение ряда экологических, структурных проблем территории. Это процесс, который способен помочь местной власти устранить экономический и социальный упадок на территории и достичь положительных результатов в реабилитации территорий, как с изменением её функционального назначения, так и с сохранением функции производственного предприятия [6-8].

Теоретическая база и методика исследования

Теоретической базой данного исследования явились несколько основных групп научных работ, отражающих различные вопросы и аспекты поставленной проблемы:

1) Исследовательские работы по девелопменту и редевелопменту американских авторов. Наибольший интерес представляют работы Д. Битти «Редевелопмент в

Калифорнии» и М. Дардия «Финансирование редевелопмента»; аналитические доклады Калифорнийского парламента и Калифорнийской ассоциации редевелопмента;

2) Научные статьи А.В. Кичёвой, Р.А. Дрожжина, А.Г. Пестрикова, Е.А. Бурды, Е.В. Демидовой, М.Е. Бассе [1, 7, 8].

3) Изучены материалы всероссийской научно-практической конференции (16-20 марта 2015 г., ФГБОУ ВПО «УралГАХА»), а именно работы «Архитектурное проектирование: исторические напластования и современные тренды» В.А. Гребеня (рук. – проф. В.А. Нефедов), Е.П. Красниковой (рук. – проф. С.А. Дектерев, арх. проект – доц. Д.Т. Третьяков). Изучены материалы проектного семинара 2008 г. «Градостроительная реорганизация и развитие приволжских территорий г. Казани». Использована концепция Генерального плана ГО Казань, разработанная на базе научно-проектного центра «Интерна» КГАСУ (2015-2016 гг.), в разработке которой принимали участие авторы.

Также изучены диссертационные исследования, посвященные ревитализации и реконструкции промышленных территорий в береговой зоне Е.В. Гуськовой, С.С. Фролова, А.А. Яковлева, Л.Д. Литвинова.

Методика исследования основана на комплексном подходе – сбор, систематизация и анализ литературных, проектных и картографических материалов, сравнение данных различных источников и хронологических этапов для выявления особенностей и тенденций развития производственных территорий в береговой зоне, анализ градостроительной и нормативно-законодательной документации РФ, также авторских переводов зарубежной литературы и документации, сопоставление данных натурных исследований береговой зоны по Казанской агломерации, зарубежного и исторического опыта.

Береговая зона Казанской агломерации

В границы Казанской агломерации входят Зеленодольский, Верхнеуслонский, Высокогорский, Пестречинский, Лаишевский муниципальные районы и ГО Казань.

Зеленодольский, Верхнеуслонский, Лаишевский муниципальные районы и ГО Казань выходят на берег Куйбышевского водохранилища [9]. Производственные территории береговой зоны в границах современной Казанской агломерации развивались достаточно обособленно, преимущественно размещались на левом берегу р. Волга.

Так, поселок Паратск (г. Зеленодольск) изначально имел судовую направленность с мастерскими по ремонту и обслуживанию мелких судов в Кабачищенском заливе, а после ликвидации Адмиралтейства в Казани, продолжил традиции казанских судостроителей, что в дальнейшем поспособствовало формированию крупного оборонного предприятия – завода имени А.М. Горького.

Адмиралтейская слобода, расположенная на слиянии рек Волги и Казанки, занимала важное место в становлении и развитии Великого Волжского пути. Созданное в 1718 г. Казанское адмиралтейство способствовало образованию сопутствующих фабричных и мануфактурно-ремесленных производств: столярное, литейно-кузнечное, кожевенное, ткацко-пошивочное и канатное дело. Спустя полвека в непосредственной близости Екатериной I было основано пороховое производство. В период расцвета Адмиралтейства Казань становится одним из ведущих центров промышленного производства России вплоть до его расформирования в 1829 г. Далее наблюдается постепенный спад промышленной береговой активности и переориентации производств на обслуживание территорий без привязки к водному ресурсу.

Самой «молодой» береговой производственной зоной считается Южная промышленная зона. Она образована после создания Куйбышевского водохранилища в 1957 г. и переносом речного порта на территорию, примыкающую к Ново-Татарской слободе. После образования водохранилища производственные зоны, ранее размещавшиеся в отдалении от берега – завод точного машиностроения, нефтебаза и т.д., оказались в береговой зоне. Новый Казанский порт был ориентирован на добычу песчано-гравийных смесей (далее ПГС). Стабильная финансово-хозяйственная деятельность порта продолжалась до 1991 г., после которого наблюдается спад производства. Производство и поставка ПГС и речного песка для нужд строительных и дорожно-строительных предприятий Поволжья и Урала до сих пор является одним из основных видов деятельности Казанского речного порта.

На сегодняшний день протяженность производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации составляет 49,7 км. Производственные территории имеют хорошо развитую транспортную инфраструктуру – железнодорожные пути, автомобильные дороги, обеспечены условия подвоза сырья с воды. Функциональный анализ и анализ градостроительных регламентов показал, что в береговой зоне преобладают производственные, коммунально-складские, зоны объектов инженерной инфраструктуры, есть незначительные включения зон зеленых насаждений.

В рамках авторского исследования территория береговой зоны Казанской агломерации была разделена на следующие фрагменты (рис.):

– Периферийная береговая зона (агломерационный пояс), которая включает в себя береговую зону г. Зеленодольска и пгт. Васильево – более 80 % береговой зоны заняты производственными территориями.

– Центральная береговая зона (ядро агломерации) – Адмиралтейская слобода, Южная промышленная зона – более 33 % береговой зоны заняты производственными территориями.

– Лаишевская береговая зона (агломерационный пояс) – производственные территории в береговой зоне отсутствуют. Преимущественно Лаишевская береговая зона состоит из многочисленных садовых товариществ, баз отдыха, детских оздоровительных лагерей, дачных поселков. Протяженную береговую территорию занимает Волжско-Камский государственный природный заповедник.

– Зона Свияжского межрегионального мультимодального логистического центра (далее СММЛЦ) (агломерационный пояс) находится на правом берегу р. Волги. Начало реализации проекта – 2010 г. Согласно стратегическим документам в области территориального и социально-экономического развития СММЛЦ должен стать ядром транспортно-логистической систем перевозки грузов в Поволжском регионе.



Рис. Деление производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации на фрагменты (иллюстрация авторов)

Таким образом, актуальными для данного исследования территориями являются Периферийная береговая зона (Зеленодольский муниципальный район) и Центральная береговая зона (ГО Казань).

Производственные предприятия, находящиеся в Периферийной береговой зоне (агломерационном поясе), характеризуются целевым направлением производства: это крупные оборонные предприятия – Зеленодольский завод имени А.М. Горького и ПО «Завод имени Серго». Эти предприятия, а также ряд других производств (Поволжский фанерно-мебельный комбинат, Зеленодольская мебельная фабрика, Зеленодольская швейная фабрика, Васильевский стекольный завод, Васильевский лесокомбинат и хлебозавод) являются градо- и бюджетообразующей базой для своих поселений.

Предприятия ядра агломерации имеют несколько иной характер, как по отраслям производства, так и по статусу на сегодняшний день. Центральная береговая зона характеризуется стагнирующим положением на сегодняшний день и преобладанием коммунально-складских зон. Есть ряд дисперсных вкраплений промышленности в северной части: Аракчинский гипсовый завод, площадка Вертолетного завода, Завод СанТехПрибор. В южной части промышленных территорий значительно больше – меховая фабрика «Мелита», ФКП «Казанский завод точного машиностроения», предприятия Татспиртпрома, Казанский завод синтетического каучука, городские очистные сооружения, нефтебаза и Казанский грузовой речной порт, который уже находится на стадии переноса в СММЛЦ.

Анализ стратегической и градостроительной документации

Проведен анализ стратегических документов: Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года¹ (далее Стратегия РТ-2030), Стратегии социально-экономического развития муниципального образования г. Казани до 2030 года², Стратегии социально-экономического развития Зеленодольского муниципального района на период 2016-2021 гг. и до 2030 года³.

В Стратегии РТ-2030 в рамках флагманского проекта «Экозона Волжско-Камский поток» предполагается активное развитие прибрежных территорий расположенных вдоль рек Волга и Кама. Детального описания мероприятий в рамках данного проекта нет.

В Стратегии развития Казани-2030 выделена слабая связность левого и правого берегов агломерации – наличие одного автодорожного моста через р. Волгу; изношенность и предельные нагрузки существующих объектов инженерной инфраструктуры; стихийное разрастание пригородных территорий Казани, недостаток хозяйственной деятельности. В документе в качестве одного из ключевых вызовов выделяется «низкий уровень обустройства набережных города с учетом социально-экологических требований», также говорится о недостатке туристско-рекреационной инфраструктуры на набережных и пляжах. Как видение будущего в Стратегии Казани-2030 отмечено: «Казань – лицом к воде: с учетом экологических стандартов обустроены многочисленные набережные города, развит речной транспорт, созданы условия для речного туризма», определены ближайшие действия для достижения этой цели.

Стратегия Зеленодольского муниципального района также предлагает развитие прибрежных территорий с функцией рекреации (островные территории), но не в рамках редевелопмента производственных территорий в береговой зоне.

Из градостроительных документов рассмотрены Схемы территориального планирования Республики Татарстан, Зеленодольского муниципального района, Генеральный план муниципального образования г. Казань и Генеральный план г. Зеленодольск, разработанные на сегодняшний день концепции, мастер-планы на локальные участки территории береговой зоны.

Основные положения Генерального плана г. Зеленодольска 2007 г. (внесены изменения в 2014 г.) не прописывают конкретный вынос предприятий, также не организуются выходы к воде. Регламентируются лишь корректировки санитарно-защитных зон производственных зон и предприятий.

¹Закон Республики Татарстан № 40-ЗРТ «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года».

²<https://www.kzn.ru/o-kazani/strategiya-kazani-2030/> (дата обращения: 18.10.2018).

³<http://cesi.tatarstan.ru/rus/ctrategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya.htm?page=2> (дата обращения: 18.10.2018).

Согласно новому утверждаемому Генеральному плану г. Казани, на территории площадью 230 га, ограниченной с севера – Кировской дамбой, с юга – Новотатарским кладбищем, предлагается формирование делового коммерческого центра общегородского значения. Он включает в себя офисы класс А, многофункциональные жилые комплексы, торгово-развлекательные объекты. Предполагается вынос на новые площадки снежных свалок, ГСК, оптовых складов, вагонных депо, элеватора и производственных объектов, расселение индивидуальной жилой застройки.

На территории 340 га, ограниченная с севера – Новотатарским кладбищем, с юга – ж/д путями по Южно-промышленной улице, предлагается градостроительная трансформация индивидуального жилого фонда поселков Поповка и Кукушкино в многоквартирную застройку, формирование улично-дорожной сети и квартальной планировки, а также благоустройство набережной и парковых зон.

На период за расчетный срок предлагается строительство мостового перехода через р. Волгу в створе Казанского кольца – ул. Тихорецкой с переходом на берег Верхнего Услона.

На расчетный срок до 2035 г. в рамках обеспечения приоритета массового пассажирского транспорта предполагается строительство новых трамвайных линий, обслуживающих развивающиеся территории – микрорайон «Артсклады», Казанский Финансовый Район.

Размещение на территории Южной промышленной зоны делового ядра обосновано мастер-планом «Казанского финансового района» разработанного Российско-Малазийским консорциумом APUDG (AJM Planning and Urban Design Group Sdn Bhd) и Фондом развития исламского бизнеса и финансов и утвержденного администрацией города и республики. Согласно мастер-плану предполагается реабилитация промышленной территории и создание обновленной связи города с набережной реки Волга. Данная площадка должна стать новым бизнес-центром Казани, эталоном по устойчивому сценарию развития пространства с сохранением исторических, культурных и природно-рекреационных объектов.

Принципы редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации

1. Принцип целостности (континуальности)

Принцип целостности заключается в формировании и понимании общего видения развития всей береговой зоны в границах агломерации, при котором хозяйственная, производственная функция реки дополняется, «обогащается» новыми активностями и пользователями пространства акватории. Редевелопмент производственных территорий «выплескивается» за их границы и дает понимание развития всей территории, затрагивая вопросы рентабельности и целесообразности размещения производственных территорий в береговой зоне, логистики промпредприятий, формирования новых общественных центров, рекреационных зон, экологической реабилитации территории.

2. Принцип структурно-функциональной и территориальной дифференциации (принцип «разнообразия»)

Принцип структурно-функциональной и территориальной дифференциации заключается в создании обширной типологической градации элементов, на базе сложившихся структурно-функциональных и территориальных паттернов, с учетом индивидуальных особенностей локальных фрагментов.

Принцип целостности и принцип структурно-функциональной и территориальной дифференциации позволяет понять масштаб деятельности по редевелопменту производственных территорий в береговой зоне, сформировать общий сценарий действий, максимально учесть локальные особенности промышленных площадок.

3. Принцип преемственности

Принцип преемственности заключается:

– в понимании образа жизни, истории и системы ценностей местного населения, сохранении «памяти места», культурного кода территорий [7];

- выявление, сохранение, реконструкция промышленных или административных зданий, имеющих статус исторического, культурного, архитектурного памятника (с возможным перепрофилированием в объект общественного назначения, например, в музей или культурно-развлекательный комплекс) с сохранением исторического облика;
- сохранение и восстановление значимых компонентов природы.

Для периферийной береговой зоны (г. Зеленодольск) культурным кодом может стать индустриальная особенность развития территории – создание тематических культурно-просветительских парков, локальных площадок (скверов, площадей) в структуре города посвященных сохранению памяти индустриальному производству.

Особенностью центральной береговой зоны должно стать сохранения «памяти места». Так, для Адмиралтейской слободы – это территория Адмиралтейства, Зилантов монастырь, возвращение обжитой и обустроенной Волжской набережной, создание тематического парка «Старое русло». Для территории Южной промышленной зоны – сохранение духа места через реконструкцию культовых объектов Ново-Татарской слободы, а также подчеркивание производственной направленности территории – трансформация силосного зернохранилища под новые функции.

4. Принцип экологической реновации производственных территорий в береговой зоне

Принцип экологической реновации производственных территорий в береговой зоне заключается:

- в регенерации индустриального и постиндустриального ландшафта;
- в реабилитации территорий транспортного и инженерного назначения;
- в регенерации ландшафтов береговых территорий [11].

После поэтапных выносов/переносов производственных предприятий появится потребность в восстановлении, рекультивации площадок, подготовке их к новой функции и застройке. Это повлечет реорганизацию транспортной сети, необходимость проведения инженерно-технических мероприятий (строительство новых и реконструкцию существующих инженерных коммуникаций, обеспечение берегоукрепления и защиты территорий, очистку береговой линии и дна прилегающих к акватории зон).

5. Принцип социально-экономической эффективности

Суть принципа заключается в оценке общего экономического потенциала производственных площадок, в соответствии процесса редевелопмента и стратегии социально-экономического развития территории. Необходимо предусмотреть повышение инвестиционной привлекательности прибрежных территорий вместе со стоимостью береговой недвижимости, а также эффективности эксплуатации прибрежной инфраструктуры городскими жителями.

6. Принцип универсальной доступности и открытости

Принцип доступности и принцип открытости заключается:

- в изменении семантического восприятия производственных территорий из категории «терра инкогнито» в «терра ново» посредством организации объектов притяжения людей: объектов спорта, современного досуга, культуры, питания, торговли, а также строительством жилого фонда;
- сохранение, развитие логистики промпредприятий – ж/д, речной транспорт и адаптация и расширение навигации пассажирского речного транспорта;
- пространственная проницаемость производственных территорий в береговой зоне;
- в обеспечении транспортной доступности акватории жителями;
- организация эффективной системы транспортно-пешеходных связей;
- берег должен быть адаптирован для отдыха и физической активности на суше и воде, в т.ч. в режиме зимнего использования; создание качественной среды набережных путем организации мест досуга – спортивных площадок, точек проката инвентаря, инфраструктуры для яхтенного плавания.

Таким образом, комплексная модель развития и редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации формируется на основе шести

принципов, адаптированных под отдельные локальные фрагменты территории с последующей разработкой программы градостроительного развития.

На основе «принципа целостности» складывается понимание о масштабе охватываемой территории подвергающейся редевелопменту по всей Казанской агломерации, выработке общих градостроительных подходов. Редевелопмент предполагает: сохранение промышленного предприятия с регламентацией дополнительных ограничений по воздействию на окружающую среду; частичная реорганизация производства с появлением новой функции; вынос/перенос предприятий с последующей застройкой территорий и назначения новой функции.

В каждом рассматриваемом фрагменте территории Казанской агломерации на основе «принципа разнообразия», который базируется на сложившихся структурно-функциональных и территориальных паттернах, и «принципа преемственности», начинается процесс редевелопмента производственных зон, согласно их индивидуальным особенностям формирования, концентрации в береговой зоне, степени рентабельности.

Так, развитие г. Зеленодольска предполагается по индустриальному направлению путем создания индустриального культурного кода в связи с тем, что здесь преобладает высокая производственная функция, а большинство предприятий стабильно функционируют, наращивают мощности и проводят перевооружение, модернизацию производства. Поэтому необходимо идти по пути частичного преобразования производственных земель – «пробивая рекреационные коридоры» – для организации общедоступных выходов к водному ресурсу. Создание памятных мест индустриального производства может быть реализовано посредством тематических культурно-просветительских парков, организацией зон досуга и рекреации.

Также комплексное развитие территории предполагается в юго-восточной части береговой зоны г. Зеленодольска. После проведения рекультивации земель Шпалопропиточного завода, Зеленодольского фанерного завода возможно создание нового общегородского центра с развитием жилого фонда и строительством Зеленодольского речного порта.

Развитие Адмиралтейской слободы в г. Казани предполагается акцентированием истории Адмиралтейства. Комплексное освоение территории будет базироваться на сохранении аутентичности планировочной структуры с внедрением новой функции: музейно-выставочных пространств, культурных кластеров, жилого фонда и формирования ТПУ с общественной составляющей. Так как здесь концентрация производственной функции намного ниже, то и процесс выноса предприятий с рекультивацией земель будут не так сильно растянуты по времени.

Береговая зона Южной промышленной зоны имеет самую большую протяженность, разнообразное наполнение, а также непосредственную близость к центру города. Вследствие чего, здесь необходимо идти по пути «mixed-use development». Территорию необходимо разделить на подзоны, где в каждой можно будет выделить приоритетные направления развития, а также запуск «якорных» проектов, способствующих формированию новых активностей и инфраструктуры. Приоритетным остается организация доступности на береговую территорию разным слоям населения.

Руководствуясь принципом социально-экономической эффективности, оценивается инвестиционно-ресурсный потенциал территории после редевелопмента и определяются характерные «точки роста» для каждого фрагмента, а также последующая стратегия долгосрочного развития. Часть базовых функций (общественные рекреационные пространства, объекты досуга, торговли) закладываются во все рассматриваемые фрагменты.

Комплексная трансформация территории фрагментов должна обеспечивать универсальную доступность и открытость, посредством организации эффективной системы транспортно-пешеходных связей. Обновленная территория должна стать изменить свое семантическое восприятие жителями: стать более притягательной и адаптированной для различной физической активности.

Несмотря на характерные особенности развития локальных фрагментов Казанской агломерации, проработаны и связующие элементы, обеспечивающие интеграцию и сообщение этих зон.

В модели предлагается расширение речной пассажирской навигации путем строительства речного вокзала в г. Зеленодольске и организация пассажирской пристани «Васильево». Появление нового речного вокзала и пристани в Васильево свяжет города и поселения агломерации между собой и сделает передвижения людей более мобильным и не привязанным к автомобильному транспорту. Необходимо предусмотреть рейсовые и туристические маршруты.

Предполагается улучшение транспортной доступности посредством повышения качества железнодорожных перевозок. Согласно утверждаемому Генеральному плану г. Казани предполагается строительство транспортно-пересадочных узлов «Серп и Молот» в Адмиралтейской слободе, «Вахитово» в Южной промышленной зоне, а также реконструкция и модернизация существующих станций «Зеленый Дол» и «Паратск» в г. Зеленодольске.

Обеспечение автомобильной транспортной связности на расчетный срок предусматривается утверждаемым генеральным планом г. Казани строительством моста через р. Волгу, что свяжет Верхнеуслонский муниципальный район, в частности г. Иннополис с г. Казань по более короткой траектории.

Заключение

Разработанные принципы ложатся в основу комплексной модели развития и редевелопмента производственных территорий в береговой зоне Казанской агломерации, где идет адаптация принципов под локальные фрагменты территории с формированием вектора развития и определения степени охвата редевелопмента. Посредством различных принципов происходит учет всех индивидуальных особенностей территории, степени важности производственной функции и выработке рекомендаций для программы градостроительного развития территории.

Следующим этапом становится формирование программы градостроительного развития, под которым понимается последовательность организационно-правовых действий для реализации процесса редевелопмента, определение очередности освоения территории и разработка стратегических мастер-планов.

Список библиографических ссылок

1. Демидова Е. В. Реабилитация промышленных территорий, как части городского пространства // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. № 1. С. 8–13.
2. Голованов Е. Б., Киселева В. А. Развитие редевелопмента как направления по преобразованию городских территорий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2013. Т. 7. № 3. С. 12–16.
3. Healey P., Davoudi S., Mo O'Tool, Tavsanoglu S., Usher D. Rebuilding the city. London : E & FN Spoon, 1992. P. 3.
4. Guide on Construction of Industrial Developments in Singapore. URL: https://www.bca.gov.sg/Publications/others/Guide_on_Construction_of_Industrial_Developments_in_Singapore.pdf.html (дата обращения: 18.10.2018).
5. California Community Redevelopment Law. Effective January 1, 2003. Prepared by: Stradling Yocca Carlson & Rauth a Professional Corporation Attorneys at Law.
6. Peiser R. B. Professional Real Estate Development. Urban Land Institute, 2003.
7. Бассе М. Е. Ревитализация – экологическая реконструкция промышленных предприятий (на примере завода Форд в Ривер Руж) // АМІТ. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/basse/abstract.php> (дата обращения: 18.10.2018).
8. Дрожжин Р. А. Реновация промышленных территорий // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 1 (11). С. 84–86.
9. Хуснутдинова С. Р. Урбанизированные территории Республики Татарстан. Казань : Издательство Казанского университета, 2016. 122 с.
10. Нефёдов В. А. Как вернуть город людям. М. : Искусство-XXI век, 2015. 160 с.

Zakirova Iuliya Aleksandrovna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: jzakirova@gmail.com**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Yunusova Iuliya Vladislavovna

manager of the department of technology and temporary infrastructure

E-mail: yunusova.y.v@yandex.ru**ANO «Directorate for sports and social projects»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Universiade Village, 35

**Principles of redevelopment of production areas
in the coastal zone of the Kazan agglomeration****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to determine the principles of redevelopment of production areas in the coastal zone of the Kuibyshev reservoir within the boundaries of the Kazan agglomeration. The study is relevant for the practice of urban planning for the Republic of Tatarstan, and for the territories of agglomerations of Russia with similar landscape-geographical conditions and the planning structure of the settlements.

Results. The main results of the research are to identify the principles of redevelopment of production areas in the coastal zone of the Kuibyshev reservoir within the boundaries of the Kazan agglomeration, to develop an integrated model for the development of these territories.

Conclusions. The significance of the results obtained for the modern town-planning industry lies in the fact that, based on the developed principles, a comprehensive model of reorganization of production zones is being formed, which involves the active integration of coastal space into the structure of settlements. On the basis of the principles and the formed complex model, more detailed recommendations are given on the development of production areas in the coastal zone of the Kuibyshev reservoir for individual fragments of settlements within the boundaries of the Kazan agglomeration.

Keywords: coastal zone, redevelopment, production areas, Kazan agglomeration.

References

1. Demidova E. V. Rehabilitation of industrial areas as part of urban space // Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN. 2013. № 1. P. 8–13.
2. Golovanov E. B., Kisileva V. A. Development of redevelopment as a direction for the transformation of urban areas // Vestnik YUurGU. «Seriya ehkonomika i menedzhment» 2013. T. 7. № 3. P. 12–16.
3. Healey P., Davoudi S., Mo O'Tool, Tavsanoğlu S., Usher D. Rebuilding the city. London : E & FN Spoon, 1992. P. 3.
4. Guide on Construction of Industrial Developments in Singapore. URL: https://www.bca.gov.sg/Publications/others/Guide_on_Construction_of_Industrial_Developments_in_Singapore.pdf.html (reference date: 18.10.2018).
5. California Community Redevelopment Law. Effective January 1, 2003. Prepared by: Stradling Yocca Carlson & Rauth a Professional Corporation Attorneys at Law.
6. Peiser R. B. Professional Real Estate Development. Urban Land Institute, 2003.
7. Basse M. E. Revitalization – ecological reconstruction of industrial enterprises (on the example of the Ford plant in River Rouge) // AMIT. URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/basse/abstract.php> (reference date: 18.10.2018).
8. Drozhzhin R. A. Renovation of industrial areas // Vestnik sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta. 2015. № 1 (11). P. 84–86.
9. Husnutdinova S. R. Urbanized territories of the Republic of Tatarstan. Kazan : Izdatelstvo Kazanskogo universiteta, 2016. 122 p.
10. Nefyodov V. A. How to return the city to people. M. : Iskustvo-XXI vek, 2015. 160 p.

УДК 712.25

Исмагилова Светлана Харисовна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: grado@kgasu.ru**Залетова Елена Александровна**

старший преподаватель

E-mail: salen07@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Корягина Алина Евгеньевна

архитектор

E-mail: koryagina.alina@mail.ru**ООО Инженерный Центр «Заман»**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Айвазовского, д. 10/54

Ландшафтно-планировочные предпосылки формирования природного каркаса крупного города на примере г. Уфы

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является выявление путей планировочного преобразования сложившейся системы природного комплекса г. Уфы, направленных на формирование и развитие устойчивого внутригородского природного каркаса и способствующих решению градоэкологических проблем города.

Результаты. В результате исследования выявлены и проанализированы основные природно-ландшафтные и функционально-планировочные факторы, влияющие на формирование городского природного каркаса г. Уфы. В статье приводятся результаты комплексной оценки сложившегося состояния природного комплекса города, а также представлены направления его функционально-планировочной и ландшафтной реорганизации.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры и градостроительной науки состоит в представлении формализованной модели природного каркаса г. Уфы, а также в выявлении ландшафтно-планировочных приемов, направленных на разработку предложений по реконструкции природного комплекса города.

Ключевые слова: природный каркас (ПК), ландшафтно-экологическая система, зеленые коридоры, устойчивое развитие.

Введение

Актуальность направления «зеленого экологического развития» в теории и практике современного градостроительства, как неопременного условия обеспечения устойчивости и повышения качества городской среды, не вызывает сомнения. Это находит подтверждение, как в теоретических работах, так и в отечественной и зарубежной практике градостроительства, отмеченных поиском оптимальных путей решения градоэкологических проблем путем совершенствования природной подсистемы города [1]. Природный каркас города, являясь признанным средством решения проблем городской экологии, не имеет универсальных приемов и, базируясь на сложившейся системе природного комплекса, для каждого конкретного города формируется как уникальная подсистема с учетом взаимосвязи природных и градоэкологических составляющих¹. Как уже отмечалось, данная задача особенно актуальна для городов, обладающих крупными градообразующими промышленными производствами с зонами высокой степени вредности [2].

Современное состояние природного комплекса г. Уфы

В числе крупнейших городов, отличающихся наличием мощного промышленного комплекса с многоотраслевой производственной структурой, следует отметить г. Уфу. На

¹Статья Исмагиловой С.Х. «Формирование природного каркаса в структуре крупного промышленного города», опубликованная в научном журнале «Известия КГАСУ» в 2017 г.

территории городских земель располагаются крупнейшие промышленные предприятия химии и нефтехимии, энергетики и машиностроения, строительного комплекса и пр. По статистическим данным около 200 крупных и средних промышленных объектов размещающихся на территории сопоставимой с площадью селитебной зоны города, ежегодное увеличение количества автотранспортных единиц, становятся главными причинами значительного ухудшения экологических качеств г. Уфы [3].

Высокая степень территориальной концентрации населения, промышленности и транспорта дополнены особыми природно-географическими условиями. Исторически г. Уфа сформировался на высокой платформенной части, значительно возвышающейся над окружающими его речными поймами и долинами. Река Белая и её притоки р. Уфа и Дема образуют водораздельный пояс, вытянутый вдоль, так называемого «Уфимского полуострова», в пределах которого город формировался на протяжении всей своей истории развития с начала основания в 1574 году как крепости у устья реки Сутолки – притока р. Белой. До середины XX века территория города размещалась компактно в южной части Уфимского полуострова, где в настоящем сформирована центральная историческая часть города, так называемая «Старая Уфа». Значительное территориальное развитие г. Уфа обретает лишь в начале 40-х годов XX века в связи с интенсивным развитием промышленного комплекса. В период с 1940 по 2005 гг. территория города увеличивается почти в 5 раз и в настоящее время представляет собой вытянутый на 45 км в меридиональном направлении мегаполис. Ограниченность территориальных ресурсов Уфимского полуострова предопределила необходимость включения в границы города значительные пространства, находящиеся за пределами водораздельного пояса. В соответствии с действующим генпланом города дальнейшее территориальное развитие Уфы реализуется не только за счет территориальных резервов Уфимского полуострова, но также путем использования присоединенных территорий, включающих как природные буферные пространства, так и исторически сложившиеся жилые поселения, формирующие в совокупности с Уфимским полуостровом полицентрическую планировочную структуру.

Анализ материалов действующего Генплана г. Уфа свидетельствует о необходимости улучшения условий проживания и обеспечения комфортной среды с учетом благоприятных экологических и санитарно-гигиенических условий, что предлагается реализовать, прежде всего, за счет модернизации производственных процессов, внедрения малоотходных технологий, утилизации и переработки отходов и пр. Генпланом также предусматриваются мероприятия по озеленению города – увеличению площади зеленых пространств, как в пределах Уфимского полуострова, так и в его буферном окружении. Так, в концепции генплана Уфы 1995 г. содержалось предложение по созданию «экопарка» на основе объединения трех ландшафтных зон города – лесной, луговой и водной. Экопарк в соответствии с данной концепцией должен был представлять природно-рекреационную территорию в черте города, включал противоэрозийное благоустройство склонов водораздельного плато с дальнейшим включением их в систему городских парков. В 2001 г. ЗАО «Ленпромстройпроект» была разработана концепция разуплотнения северной промышленной зоны путем формирования внутренних «зеленых коридоров» и насыщения объектами научного характера и бытового обслуживания. Для исторического центра был разработан проект торгово-пешеходной зоны, включающей объекты обслуживания, благоустройства и озеленения. При несомненной ценности отмеченных выше проектных решений отсутствуют предложения по реорганизации всей системы природного комплекса города с целью формирования устойчивого природного каркаса [4].

Разработка концепции по развитию природного каркаса Уфимского полуострова потребовала проведения комплексного анализа существующего состояния его природно-ландшафтной подсистемы с учетом особенностей сложившейся функционально-планировочной структуры города. Это, прежде всего, позволило выявить специфику природного комплекса города, состав и характеристику его структурных элементов, а также определить направления его преобразования².

² Анализ природно-ландшафтных факторов г. Уфы был проведен в работе на соискание степени магистра Сагадетдиновой А.М. «Особенности формирования зеленого каркаса в планировочной системе Уфимского полуострова», 2018 г. Научный руководитель Исмагилова С.Х.

Сложившаяся функционально-планировочная структура Уфимского полуострова демонстрирует ярко выраженную ландшафтную дифференциацию двух крупных зон – центрально расположенной урбанизированной территории с разнообразной по морфологии и назначению застройкой и окружающего её мощного природного пояса, являющегося главной ландшафтной доминантой Уфимского полуострова. Это – водно-зеленая дуга, образуемая слиянием рек Белой и Уфы, которая в совокупности с примыкающими пойменными участками прибрежной полосы представляет собой широкий водно-зеленый коридор, формирующий структурную основу природного комплекса города. Протяженная береговая зона Уфимского полуострова отличается сложной геоморфологической и гидрографической структурой. Подавляющая часть открытых территорий, образующих береговую полосу представляют собой природные «неудобия» – затапливаемые и заболоченные земли, крутые и обрывистые склоны, овраги, балки, водоразделы. Кроме того, значительная протяженность прибрежной зоны р. Белой отрезана от жилой застройки ж/д магистралью. Лишь относительно небольшой участок побережья – центральная южная набережная представляет собой полноценно благоустроенное и территориально связанное с исторической застройкой района пространство. При этом следует отметить, что именно данная водно-зеленая система является основным резервом для дальнейшего развития ландшафтно-рекреационных объектов города и формирования устойчивого природного каркаса. К водно-зеленой дуге примыкают крупные зеленые массивы – парк Победы, Непейцевский дендропарк, парк им. Калинина и пр. Однако, очевидно, что уникальные природные ресурсы города для организации городских рекреационных пространств использованы недостаточно. Оценка качественного состава элементов природного комплекса показала его незначительное разнообразие и необходимость функциональной оптимизации в соответствии с уровнем современных требований. Ориентировочный количественный подсчет соотношения площадей Уфимского полуострова показал, что застроенные территории составляют 55 %, открытые незастроенные пространства занимают 40 % и озелененные благоустроенные объекты (парки, сады, скверы, набережные и пр.) – 5 %. На одного жителя площадь озелененных объектов общего пользования составляет примерно 9,5 м². Следует подчеркнуть, что подавляющая часть открытых пространств сосредоточена в пределах ландшафтной доминанты, а организованные объекты озеленения – в основном, в пределах центрального плато.

В центральной части Уфимского плато в пределах сложившейся застройки новых значительных территориальных ресурсов для создания крупных открытых пространств не имеется, а сложившаяся система озеленения города, главным образом, представляет собой дисперсную систему малых озелененных пространств, размещенных неравномерно в структуре застройки. В дальнейшем формирование природного каркаса в пределах застройки центрального плато будет связано с поиском дополнительных относительно небольших территорий, зависящих от морфологической структуры застройки и доли имеющихся свободных пространств. Увеличение площади зеленых пространств, возможно, осуществлять за счет освобождаемых от застройки территорий – рекультивации земель бывших промышленных и коммунально-складских объектов, участков сноса старой жилой застройки и пр. Традиционным ландшафтно-планировочным приемом, способствующим не только увеличению площади озелененных территорий, но и придания ей большей устойчивости и связности, является преобразование сложившейся системы «дисперсного» озеленения в непрерывную «сетчато-узловую» структуру, образуемую малыми садами, скверами, благоустроенными площадями, связанными «линейным» озеленением – бульварами, озелененными улицами [5].

Пути реорганизации природного комплекса г. Уфы

Для Уфимского полуострова наиболее важной задачей для формирования природного каркаса является создание системы «зеленых коридоров», связывающих плато застройки с главной ландшафтной доминантой «водно-зеленой дугой». Ландшафтные коридоры формируются, как на основе благоустройства и озеленения естественных форм рельефа – оврагов, русел малых рек и озер, так и на основе создания искусственного защитного озеленения и благоустройства вдоль ж/д и автомобильных дорог. Создание «зеленых коридоров» организует не только комфортную взаимосвязь

застройки и открытых пространств так называемой «водно-зеленой дуги», но также обеспечит ландшафтно-планировочные связи между реками Уфа и Белая. Кроме того, это будет способствовать выявлению планировочного и визуального контакта с природными зонами присоединенных территорий Большой Уфы и функционально-планировочному структурированию природного буфера.

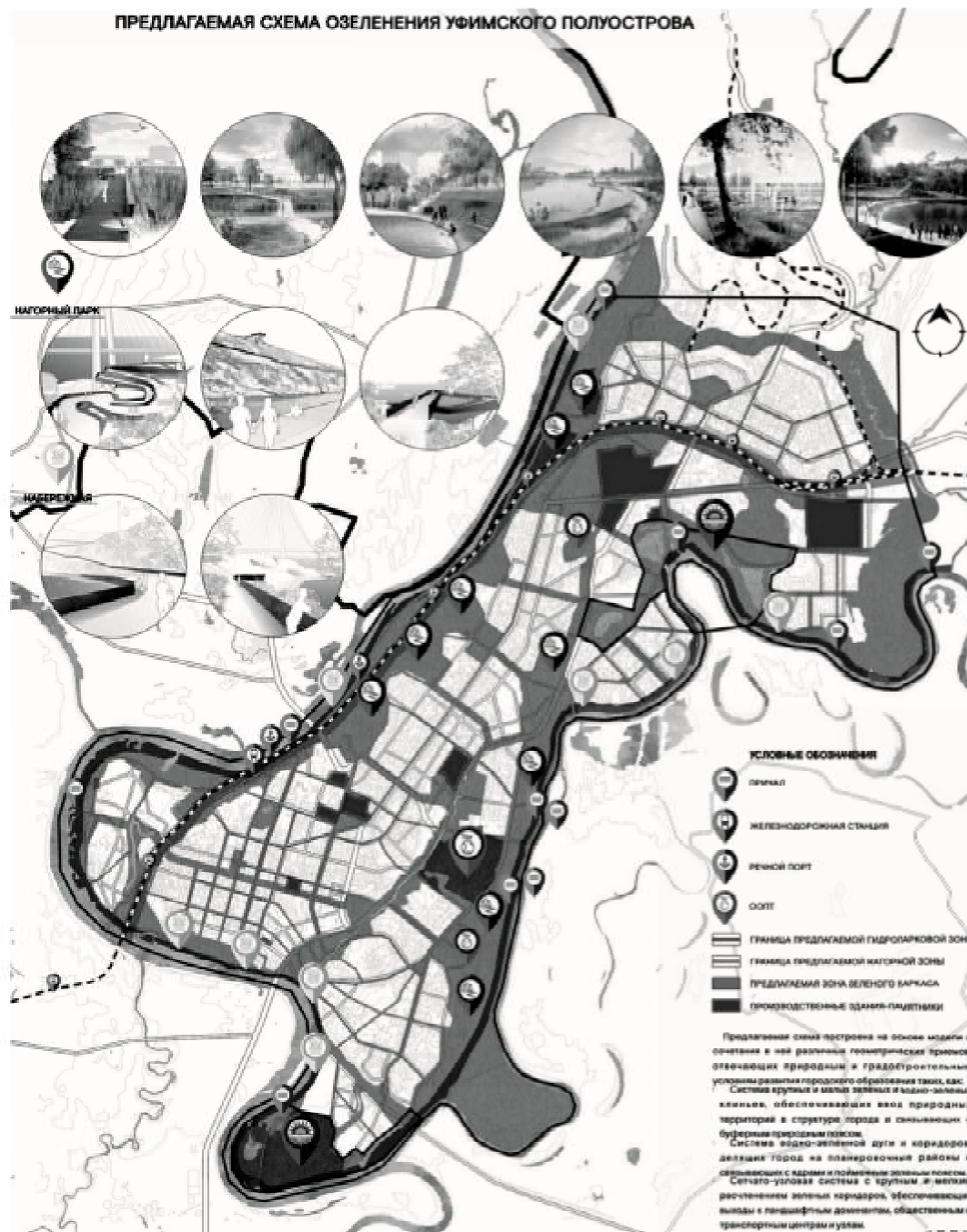


Рис. Схема предлагаемого природного каркаса Уфимского полуострова
(иллюстрация авторов – из ВКР магистра Сагадетдиновой А.М.)

В рамках разработки концепции природного каркаса Уфимского полуострова была представлена его гипотетическая модель. Геометрическая модель представляет собой систему водно-зеленой дуги, параболической конфигурации, окруженной «буферным поясом» с подчеркнутыми широтными и меридиональными «ландшафтными коридорами», обеспечивающими устойчивость развития и связность системы, а также

встроенными в сетку «коридоров» малых и крупных узлов, так называемых «природных ядер» и «точечных элементов». Предлагаемая модель позволяет выявить структурные качества природного каркаса Уфимского полуострова и проблемные участки территорий, требующих ландшафтно-планировочной реорганизации (рис).

К числу наиболее масштабных задач при создании полноценного природного каркаса Уфы следует отнести функционально-планировочную и ландшафтную реконструкцию природной доминанты города – водно-зеленой системы рек Белой и Уфы, отличающейся большим разнообразием ландшафтных ситуаций и определяющей специфику природного каркаса Уфы.

Типология ландшафтных объектов в пределах доминантного элемента природного комплекса будет определяться не только функциональным назначением, но главным образом, ландшафтными характеристиками природной ситуации. В ряду наиболее характерных ландшафтных условий, составляющих специфику природной доминанты Уфимского полуострова, выделяются следующие типы:

- прибрежные пространства рек Уфы и Белой;
- заболоченные и луговые территории, примыкающие к береговым зонам;
- крутые склоны рельефа, отделяющие плато застройки от береговой зоны.

Создание благоустроенной набережной вдоль береговой линии рек Уфа и Белая, протяженность которых в пределах рассматриваемой территории составляет примерно 60 км, будет способствовать эффективному использованию территориального потенциала города и потребует осуществления сложного комплекса мероприятий, таких как:

- очистка русла рек, модернизация очистных сооружений, укрепление береговой линии, инженерное благоустройство побережья;
- обеспечение удобных планировочных связей с жилыми районами, создание коротких благоустроенных пешеходных выходов к побережью;
- поиск разнообразных приемов функционально-планировочной организации набережных с учетом возможности использования территорий в различное время года.

Наличие крупных заболоченных и луговых ландшафтов, примыкающих к береговой полосе создает возможность для использования природных «неудобий» для создания гидро- и лугопарков путем рекультивации территорий. По меньшей мере, один такой парк предлагается создать в южной части города на обширной территории площадью более 300 га, размещающийся в зоне соединения рек Белой и Уфы, что потребует:

- проведения сложного комплекса мероприятий по инженерной подготовке территории – обвалования, строительства дамбы, намыв островов, формирования искусственной системы озер, протоков и каналов;
- использования функционально-планировочных и архитектурно-ландшафтных решений, способствующих сохранению и естественному развитию природной системы гидропарка;
- подбора древесно-кустарниковых насаждений регулирующих поверхностный сток воды, с мощной корневой системой укрепляющей почву и осушающих избыточно увлажненные участки.

Создание крупных нагорных парков на восточном и западном склонах, обращенных к рекам Уфа и Белая в центральной части города будет способствовать не только рациональному использованию территориальных ресурсов, но сохранению уникального ландшафтного своеобразия Уфы. Создание парков на крутых склонах потребует применения таких приемов как:

- террасирование рельефа для организации площадок различных по назначению и размерам площадок;
- применение различных инженерных приемов укрепления склонов – строительства подпорных стен, использования растительности с корневой системой способствующей укреплению склонов;
- создание организованных и безопасных спусков для обеспечения связей с примыкающими жилыми территориями и общественно-транспортными узлами;
- обеспечение рекреационного использования территории, соответствующего природным особенностям нагорных парков.

Выводы

Комплексная стратегия развития урбанизированных поселений с позиции устойчивости, предполагает подход к её реализации, как в социальном, так и в ландшафтно-планировочном аспектах, при этом последний, наряду с сохранением и восстановлением природных систем и компенсации последствий антропогенной деятельности, подразумевает также и изменение структуры мобильности, а именно, внедрение экологически безопасных видов транспорта и совершенствование качеств коммуникационных пространств. Происходящие в последнее время социально-экономические изменения, усиление мобильности и концентрации населения, повышение требований к комфортности городского окружения, вызывают необходимость непрерывных функционально-пространственных изменений трансформируемой городской среды на основе активного использования природного компонента [5, 7, 8].

Рассмотренные приемы реконструкции природной доминанты г. Уфы не исчерпывают всех путей решения поставленной проблемы. Формирование природного каркаса – процесс длительный и поэтапный, требующий проведения комплексного анализа природных и антропогенных факторов, направленного на сохранения природного своеобразия города, освоения неудобных территорий, увеличению количества территорий общественных озелененных объектов, типологическому разнообразию зеленой инфраструктуры города. Полученные результаты могут быть использованы в процессе корректировки документов территориального планирования г. Уфы.

Заключение

Представленные в статье результаты направлены на выявление гипотетического направления реорганизации природно-территориального комплекса Уфимского полуострова. Для разработки научно-обоснованных рекомендаций построения природного каркаса города, который принято рассматривать как важный инструмент совершенствования урбанизированной среды, требуется проведение комплексного анализа и оценки природных условий во взаимосвязи с системой градостроительных факторов и с учетом взаимосвязи всех территориальных уровней [9-11]. Для г. Уфы, относящегося к числу крупнейших промышленных городов в РФ, тема создания природного каркаса в достаточной мере не разрабатывалась. Проведенный анализ показал, что для Уфимского полуострова разработка предложения по формированию ПК в значительной мере будет зависеть от ландшафтно-планировочного освоения природной доминанты – «водно-зеленой дуги», на базе которой, возможно создание, разнообразных по функциональной типологии и природной морфологии, крупных объектов городской зеленой инфраструктуры, объединенных непрерывной системой прибрежных территорий.

Список библиографических ссылок

1. Краснощекова Н. С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. М. : Архитектура-С, 2010. 183 с.
2. Justin Hollander, Niall Kirkwood Principles of brown field regeneration: cleanup, design and reuse of derelict land. Washington : IslandPress, 2010. 138 p.
3. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб., 2002. 295 с.
4. Richard Rogers. Cities for a small planet. Faber & Faber. 1997. 180 p.
5. Генеральный план г. Уфы. URL: www.ufa.ru (дата обращения: 16.05.2018).
6. Danilo Palazzo & Frederick Steiner. Urban ecological design: a process for regenerative places. Island Press, 2012. 295 p.
7. Mike Lydon & Anthony Garcia. Tactical urbanism. Island Press, 2015. 255 p.
8. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. Wiley, 2012. 310 p.
9. Saglie L. Density and Town Planning: Implementing a Densification Policy. Utgåva. Oslo. The Norwegian institute for Urban and Regional research. 2010. 135 p.
10. Набиуллина К. Р. Управленческие инновации при реализации проектов формирования комфортной городской среды (на примере республики Татарстан) // European Social Science Journal. 2017. № 6. С. 129–134.

Ismagilova Svetlana Kharisovna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: grado@kgasu.ru**Zalyotova Elena Alexandrovna**

senior lecturer

E-mail: salen07@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Koryagina Alina Evgenievna

architect

E-mail: koryagina.alina@mail.ru**LTD Engineering Center «Zaman»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Aivazovskogo st., 10/54

**Landscape and planning prerequisites of formation of a natural framework
of the large city on the example of Ufa****Abstract**

Problem statement. The aim of article is identification of the ways of planning transformation of the existing system of the natural complex of Ufa directed to formation and development of a sustainable natural framework and promoting the solution of urban environmental problems of the city.

Results. As a result of the research the major natural, landscape, functional and planning factors influencing formation of a city natural framework of Ufa are revealed and analysed. There are given the results of assessment of the natural complex of the city and the direction of its functional, planning and landscape reorganization.

Conclusions. The importance of the received results for town-planning science consists in representation of the formalized model of a natural framework of Ufa and also in identification of the landscape and planning receptions directed to development of proposals on reconstruction of a natural complex of the city.

Keywords: natural framework (NF), landscape and ecological system, green channels, sustainable development.

References

1. Krasnoschekova N. S. Formation natural framework in the general plans of cities. M. : Architecture-C, 2010.183 p.
2. Justin Hollander, Niall Kirkwood Principles of brown field regeneration: cleanup, design and reuse of derelict land. Washington : IslandPress. 2010. 138 p.
3. Nefedov V. A. Landscape design and environment sustainability. SPb., 2002. 295 p.
4. Richard Rogers. Cites for a small planet. Faber & Faber. 1997. 180 p.
5. General plan of Ufa. URL: www.ufa.ru (reference date: 16.05.2018).
6. Danilo Palazzo & Frederick Steiner. Urban ecological design: a process for regenerative places. Island Press, 2012. 295 p.
7. Mike Lydon & Anthony Garcia. Tactical urbanism. Island Press, 2015. 255 p.
8. Jeffrey Tumlin. Sustainable transportation planning: tools for creating vibrant, healthy, and resilient communities. Wiley, 2012. 310 p.
9. Saglie L. Density and Town Planning: Implementing a Densification Policy. Utgåva. Oslo. The Norwegian institute for Urban and Regional research. 2010. 135 p.
10. Nabiullina K. R. Management innovations at implementation of projects of formation of the comfortable urban environment (on the example of the Republic of Tatarstan) // European Social Science Journal. 2017. № 6. P. 129–134.

УДК 712.5

Тимохина Марина Юрьевна

дизайнер городской среды

E-mail: veryicey@gmail.com**ТООО «Союз дизайнеров России»**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Кошкин Дмитрий Фридович

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: koshkin_df@mail.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Современные тенденции архитектуры воды в предметно-пространственной среде города

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить ряд современных тенденций, влияющих на изменение свойств декоративного водного устройства и архитектуры воды в структуре города. Рассмотреть функции фонтанов и других видов водных инсталляций прошлых лет и современности, провести анализ исторического развития строительства данных устройств.

Результаты. Основными результатами исследования являются выявленные тенденции в проектировании современных декоративных водных устройств и их применение в градостроительстве.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в создании экологичной, эмоциональной и благоустроенной среды на исследовании современных архитектурно-художественных решений декоративных водных устройств и их свойств в предметно-пространственной среде города, а также выявлении тенденций развития данного направления в архитектуре и дизайне.

Ключевые слова: город, городская среда, гидропалстика, ландшафт, декоративные водные устройства, инсталляции, архитектура воды.

Введение

Предназначение декоративных водных устройств¹ в городской среде в настоящее время имеет не только символический характер, но и относится к средству облагораживания, акцентирования и местом притяжения жителей города. То есть современное предназначение «фонтанов», «источников», «водопадов» и других инсталляций больше относится к части искусства, чем к вынужденной необходимости. Чаще всего водные арт-объекты символизируют события, связанные с историей города, но распространены и такие декоративные водные устройства, которые предназначены для привлечения туристов и знамениты своей неординарной формой или функцией [1].

Вода, в качестве материала в строительстве арт-инсталляций, хороша тем, что человеку с ней комфортно эмоционально контактировать, а это немаловажно при проектировании сред, предназначенных для взаимодействия трех составляющих города: ландшафта, архитектуры и человека.

Анализ функций декоративных водных устройств в прошлом и сейчас

Вода стала неотъемлемой частью городской среды по множеству причин. Инсталляция декоративных водных устройств была необходима для наполнения домашних колодцев горожан водой, как это наблюдалось в Древнем Египте, Месопотамии и других государствах ранее.

¹Декоративные водные устройства – совокупность фонтанов, источников, водопадов, инсталляций, которые представляют собой арт-объекты, находящиеся в водной среде.

В Древнем Риме фонтаны, к примеру, в домах горожан были частью обширной системы акведуков, то есть аналогами современного водопровода. Декоративные водные устройства в данном случае были необходимы для обеспечения комфортного проживания богатых римлян [2].

Фонтаны в средние века были связаны с источником жизни, чистоты, мудрости, невинности и Эдемского сада. В эпоху Возрождения фонтаны стали символом противостояния церкви аскетическому протестантизму искусством, которое было оживленным и эмоционально богатым. Фонтаны Рима были примерами принципов искусства барокко. Они были переполнены аллегорическими фигурами, эмоциями и движением. В этих фонтанах скульптура стала главным элементом, и вода использовалась просто для оживления и украшения скульптур.

Декоративные водные устройства XX века, по словам Спышнова, были более техногенными и представляли собой сложные инженерные сооружения, в отличие от исторических предшественников. Акцентирование внимания на функциональной характеристике был очевиден. При этом декоративной составляющей отводилась наименьшая роль [3]. Уже в то время как таковая скульптурность и декоративность фонтанов стала иметь наименее важную роль в проектировании декоративных водных устройств. Наиболее важным фактором для архитекторов и дизайнеров стала взаимосвязь человека, среды и города, а также как эти факторы влияют на конфигурацию, функциональное значение фонтана или водной инсталляции, психологическое и эмоциональное состояние людей, находящихся в данной среде и контактирующих с декоративным водным устройством.

Не все современные декоративные водные устройства стремятся проиллюстрировать библейские истории, некоторые больше сосредоточены на отражении достоинства своего времени, либо на создание среды, комфортной для горожан, на произведение неизгладимого массового эффекта на зрителей, наблюдающих за архитектурой воды. На данный момент времени не существует каких-то стандартов или правил в проектировании декоративных водных устройств. Художникам, скульпторам и архитекторам предоставляется возможность проектирования водных арт-объектов в зависимости от направления творчества и идеи.

Скульптура в декоративных водных устройствах претерпела значимые видоизменения. Изображение человека в фонтанах стала менее активно использоваться, появился большой интерес к созданию абстрактных форм. Также изменилась функциональная составляющая фонтанов: они стали взаимодействовать с человеком, появилось понятие «интерактивность». Теперь водные инсталляции стали не только частью архитектуры, но и эмоциональной и психологической средой, в которую включены музыкальные, цветовые и световые эффекты [4].

Современные тенденции проектирования декоративных водных устройств

Возможностей развития направлений в проектировании декоративных водных устройств становится с каждым годом все больше. Современные тенденции имеют абсолютно разные свойства, как с точки зрения создания психологически комфортной среды для человека в городе, так и с точки зрения продвижения человечества в плане технологий. Немаловажным фактором является внедрение этих технологий и принципов проектирования в сложившуюся архитектуру города.

Первая тенденция: включение гидропластики в геопластику города.

Тенденция включает в себя сочетание гидропластики и геопластики в среде, создание максимально комфортных и экологичных условий, насыщение города водными объектами. В это понятие входит интеграция множества средств благоустройства городской среды. Эффективное использование компонентов городских пространств, включая элементы искусственно созданного и естественного ландшафта, обеспечивает экологическую среду и обеспечивает ее устойчивость [5].

Проектирование устройств, поглощающих шум города и обладающих функцией очищения воздуха, равномерное сочетание озеленения с декоративными составляющими, разработка элементов водного устройства одновременно придающих эстетическую выразительность и создающих комфортное восприятие для людей. Эффективность

шумоизоляции зависит от правильного чередования посадок и газонов, но и умелого использования перепадов рельефа, размещения экранирующих зданий [6].

Фонтан, как яркий представитель понятия «гидропластики» [7], имеет тенденцию сочетать в себе данные понятия и активно внедряется в городскую среду. Благодаря созданию таких фонтанов в городской среде может развиваться тенденция создания экологических островков с системой фонтанов. В таком случае фонтаны будут активно строиться не только в зонах городских парков, но и посреди оживленного мегаполиса. Вопрос экологии и шумопоглощения может быть решен средствами сочетания архитектуры, человеческого фактора, природного ландшафта и обновленной формой дизайна декоративных водных устройств. Существующая архитектурная среда не будет менять своей значимости при внедрении этого водного объекта, но будет выглядеть более обновленной и благоустроенной. Одним из примеров создания экологических сред в городе является «Фонтан Айры Келлер», установленный в Портленде [8] (рис. 1).



Рис. 1. «Фонтан Айры Келлер», Анжела Данаджиева, Портленд, 1971 г.
(https://www.yelp.com/biz_photos/keller-fountain-park-portland?select=eYuAFPnhMM4FYVQmfIQuNA)

Вторая тенденция: новые формы на основе изменений «физики воды».

Создание новых форм декоративных водных устройств, отвечающих за эстетизацию среды, ее гармонию с архитектурой и дизайном города, а также служащих источником психологического комфорта общества. Не исключено, что данная тенденция не имеет четкое определение, однако можно предположить, что «идеальная» для глаз форма самого устройства или струй воды в нём может меняться в зависимости от возрастов. В таком случае объект проектирования может быть кинетическим, то есть движущимся, либо интерактивным.

Фонтан «Метаморфозы», расположенный в США спроектирован в форме головы человека. Он состоит из кинетических платформ, меняющих форму инсталляции, что позволяет зрителям наблюдать за трансформацией и чувствовать взаимодействие с объектом. Также отражающая способность воды и зеркальный материал скульптуры меняет восприятие данного объекта человеком (рис. 2).

Применение физики также может послужить развитию данной тенденции. Примером служит использование в проектировании фонтанов физическое свойство ламинарного потока. Течение, при котором жидкость или газ перемещается слоями без перемешивания и пульсаций, то есть беспорядочных быстрых изменений скорости и давления. Ламинарные фонтаны – это запатентованная технология, позволяющая создавать удивительные композиции из струй воды. При этом форма струй программируется, имеет структурированное направление, не является хаотичным потоком воды. Расширение возможностей этой технологии может позволить создавать на поверхности воды необыкновенные силуэты, а также послужить средством эстетизации водных объектов среды города.



Рис. 2. «Метаморфозы» Дэвид Черны, Северная Каролина, США
(<http://worldaroundwater.com/articles/metalmorphosis-la-fontana-gigante-che-cambia-faccia>)

Третья тенденция: «умный дизайн» воды.

Адаптируемый дизайн под человека. Контактующие декоративные водные устройства реагируют не только при воздействии на него людей, но и самостоятельно. Они считывают эмоциональное и психологическое состояние человека и проецируют на элементы объекта. «Умный дизайн» – это следствие перехода общества в мир постиндустриальной эпохи [9].

Одним из проявлений «умного дизайна» является роботизация. Впервые роботов в проектировании декоративных водных устройств применили в WET Design. Эта компания, расположенная в США, штате Калифорния, известна по всему миру своими передовыми технологиями в области создания водных устройств. Самый известный фонтан, с применением роботов – это «Фонтан Дубай» [10]. Как утверждает Тони Фрейтас, менеджер по архитектуре и инженерным средствам в WET Design, в фонтане расположено автономное роботизированное сопло, которое включает в себя частотно-регулируемый привод, что позволяет создавать удивительное шоу из воды, света и музыки [11] (рис. 3).



Рис. 3. «Фонтан Дубай», WET Design, 2009 г.
(<https://kuku.travel/country/oae/goroda-i-kurorty-oae/dubaj/muzykalnyj-fontan-v-dubae-feerichnoe-shou-vechernego-goroda/>)

Четвертая тенденция: Новое использование агрегатных состояний воды.

Применение свойств агрегатного состояния воды для проектирования декоративных водных устройств – лед, пар, жидкое состояние воды. Новое использование агрегатных состояний воды.

Данная тенденция также постепенно внедряется при создании декоративных водных устройств. Современным производителям водных арт-инсталляций создаются удивительные шоу при помощи применения тумана, огня и льда. Элементом, используемым в фонтанах для формирования атмосферы, является туман, создаваемый либо распылением воды, либо регулированием температуры и влажности. Второй способ обычно заключается в введении холодного азота в камеру, заполненную теплым пересыщенным воздухом. Вода конденсируется в воздушные капли воды или туман. Азот расширяется, выталкивая туман в дисплей [11].

Чтобы добавить эффектности в фонтаны, некоторые дизайнеры предлагают клиентам устройства, которые выпускают огонь. Относительно простой, «Огненный Торнадо» от WET, состоит из трубки, в которую направляется воздух и сделана для завихрения с помощью воздушной подушки. Более амбициозное и необычное устройство WetFire сочетает в себе огонь и воду. Оно применяется в проекте WET для казино за пределами Сан-Диего. Ночью фонтан должен был стать сценой для постановки с участием актеров. В какой-то момент пламя должно было выбросить «свои огненные языки» из бассейна, наполненного водой [11].

Фонтан «Поединок», расположенный в Монреале, совмещает в себе несколько функций. Он выпускает огонь, имеет установки, производящие туман, а также из его фонтанных чаш льется вода. Многофункциональность таких устройств производит на зрителей неизгладимое впечатление, создает атмосферу шоу или спектакля (рис.4)

На основе запатентованных и применяемых технологий можно предположить сочетание таких агрегатных состояний при проектировании декоративных водных устройств, как лёд и вода, либо туман, вода и лёд.



Рис. 4. Фонтан «Поединок», Жан-Поль Риопель, Монреаль, Канада, 1969 г.
(<http://www.vokrugsveta.ru/article/208398/>)

Пятая тенденция: инновационные материалы в создании архитектуры декоративных водных устройств.

Инновационные материалы в создании архитектуры декоративных водных устройств. Материалы могут быть жидкими, твердыми, видоизменяющимися, формообразующими.

Данная тенденция рассматривает злободневные проблемы экологии, а также новой формы для создания максимально насыщенной эстетически и эмоционально среды города средствами и объектами водной архитектуры.

Возможно, вода также сможет служить материалом, из которого будут сооружаться конструкции и декоративные объекты. В случае тенденции создания «новой формы» и применения физического свойства ламинарного потока рассматривалась возможность

программирования струй воды, в данном же случае объективно предположить, что вода в теории имеет потенциал удерживать форму под воздействием похожих технологий. Либо в сочетании с каким-либо жидким материалом, при этом, не смешиваясь с ним, а служащим лишь перетекаемой, динамичной оболочкой для объекта.

Шестая тенденция: «мгновенные» фонтаны и водные арт-инсталляции.

Быстрая установка и демонтаж при помощи легко монтируемых конструкций и материалов.

Тенденция имеет место быть в быстро развивающихся, густонаселенных районах или городах. Площади, бульвары и парки могут быть переполнены людьми, что может послужить развитием тенденции демонтажа каких-либо устройств для освобождения места под мероприятие.

Современные устройства дизайна ценятся своей легкой заменимостью другими арт-объектами. Изменение средств, формирующих городскую среду, положительно влияет на психологическое состояние людей, помогает сменить обстановку, не позволяет человеку устать от статичности средств благоустройства города. Тенденция необходима для возможности применения пространства в любой сезон в зависимости от целей и мероприятий, а также допустимости трансформации декоративного водного устройства в другой арт-объект или смена его назначения.

Седьмая тенденция: «всесезонность» эксплуатации фонтанов и инсталляций.

Тенденция позволяет решить проблемы консервации и сезонности декоративных водных устройств.

Потенциал исследования данной проблемы актуален на территории России, а также в странах с холодным климатическим поясом. Возможно, в данной тенденции будут решения, связанные с созданием «островов» в городской среде для эксплуатации фонтанов и инсталляций круглогодично, либо использование устройств, подогревающих почву и само устройство.

Одно из современных решений эксплуатации фонтанов без внешне видимой консервации их на холодный сезон – это «сухой фонтан». Отсутствие открытого бассейна позволяет использовать территорию устройства под любые мероприятия города во время холодного времени года. Пример данного типа водного устройства находится на Крымской набережной в г. Москва (рис. 5).



Рис. 5. «Сухой» фонтан Крымской набережной в парке «Музеон», Москва, 2013 г.
(<https://www.flickr.com/photos/38465352@N03/29332335965/>)

Заключение

Природно-климатические условия являются необходимой основой, своеобразным фундаментом для создания городской среды и самым стабильным фактором, влияющим на процесс ее функционирования. Созданный средствами облагораживания микроклимат и ландшафт в городской среде может повлиять на психологическую, эмоциональную и социально культурную характеристику города. Фонтаны и водные инсталляции являются

частью созданного человеком микроклимата города. Архитектура воды в сочетании с существующей гидропластикой и геопластикой ландшафта может не только стать средством эстетизации и визуальной привлекательности, но также создавать комфортные условия для проживания граждан. Тенденции проектирования декоративных водных устройств формируются с изменением потребностей людей. Важным становится эмоциональный комфорт, а также возможность взаимодействия с водным объектом. Интерактивность, и элементы «умного дизайна» в городе способствует развитию направления в проектировании водной архитектуры.

Список библиографических ссылок

1. Ян Гейл. Города для людей. М. : Концерн «КРОСТ», 2012. 277 с.
2. Rosalind Hopwood. Fountains and Water Features: From Ancient Springs to Modern Marvels. L. : Frances Lincoln, 2009. 208 p.
3. Спышинов П. А. Фонтаны. Описание, конструкции, расчет. М. : Стройиздат, 1950. 174 с.
4. C. Douglas Aurand. Fountains and pools: Construction guidelines and specifications. L. : PDA Publishers Corp. 1986. 168 p.
5. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. СПб. : Полиграфист, 2002. 295 с.
6. Вергунов А. П. Архитектурная композиция садов и парков. М. : Стройиздат, 1980. 254 с.
7. Сабо Е. Д., Теодоронский В. С., Золотаревский А. А. Гидротехнические мелиорации объектов ландшафтного строительства. М. : Академия, 2008. 338 с.
8. Энди Рой. 100 знаменитых фонтанов. Лучшие водные сооружения мира. М. : Litres, 2017. 240 с.
9. Михайлов С. М. Дизайн – архитектура III-го тысячелетия // Дизайн ревю. 2004. № 1-4. С. 179–182.
10. Dubai Fountain // thenational.ae : ежедн. интернет-изд. 2018. URL: <https://www.thenational.ae/lifestyle/dubai-fountain-the-stories-behind-the-music-1.698740> (дата обращения: 24.10.2018).
11. Водные технологии // machinedesign.com : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: <https://www.machinedesign.com/recreation/application-profile-motors-pumps-and-valves-make-water-dance> (дата обращения: 24.10.2018).

Timokhina Marina Yurievna

environmental designer

E-mail: veryicey@gmail.com

TDPO «The Union of Designers of Russia»

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Koshkin Dmitry Fridovich

candidate of architecture, associate professor

E-mail: koshkin_df@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modern trends of water architecture in the subject-spatial environment of the city

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to identify a number of current trends affecting the change in the properties of the decorative water structure and water architecture in the city structure. Consider fountains and other types of water resources that have undergone technology development analysis.

Results. The main results of the research are identified trends in the design of modern decorative water devices and their use in urban planning.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture consists in creating an environmentally friendly, emotional and well-planned environment on the study of modern architectural and artistic solutions of decorative water devices and their properties in the subject-spatial environment of the city, as well as identifying trends in the development of this area in architecture and design.

Keywords: city, urban environment, hydropalstik, landscape, decorative water devices, installations, water architecture.

References

1. Ian Gale. Cities for people. M. : Concern «KROST», 2012. 277 p
2. Rosalind Hopwood. Fountains and Water Features: From Ancient Springs to Modern Marvels. L. : Frances Lincoln, 2009. 208 p.
3. Spyshnov P. A. Fountains. Description, design, calculation. M. : Stroyizdat, 1950. 174 p.
4. C. Douglas Aurand. Fountains and pools: Construction guidelines and specifications. L. : PDA Publishers Corp. 1986. 168 p.
5. Nefedov V. A. Landscape design and environmental sustainability. SPb. : Polygraphist, 2002. 295 p.
6. Vergunov A. P. Architectural composition of gardens and parks. M. : Stroyizdat, 1980. 254 p.
7. Sabo E. D., Theodoronsky V. S., Zolotarevsky A. A. Hydrotechnical melioration of landscape construction objects. M. : Academy, 2008. 338 p.
8. Andy Row. 100 famous fountains. The best water facilities in the world. M. : Liters, 2017. 240 p.
9. Mikhailov S. M. Design – architecture of the 3-rd millennium // Design revue. 2004. № 1-4. P. 179–182.
10. Dubai Fountain // thenational.ae: daily Internet ed. 2018. URL: <https://www.thenational.ae/lifestyle/dubai-fountain-the-stories-behind-the-music-1.698740> (reference date: 24.10.2018).
11. Water technologies // machinedesign.com: daily. internet-edit. 2016. URL: <https://www.machinedesign.com/recreation/application-profile-motors-pumps-and-valves-make-water-dance> (reference date: 24.10.2018).



УДК 69.024.81

Кузнецов Иван Леонидович

доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Салахутдинов Марат Айдарович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: lider-kazan@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Гайнетдинов Ришат Габдулхаевич

инженер-конструктор

E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru

ООО «Акведук»

Адрес организации: 420097, Россия, г. Казань, ул. Заслонова, д. 5

Стенд и результаты испытания фермы пролетом 24 м со стержнями из оцинкованных холодногнутых профилей

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является определение критической несущей способности и деформативности разработанной фермы из оцинкованных холодногнутых профилей пролетом 24 м. Для проведения экспериментальных исследований разработан стенд и методика проведения испытаний, а также система установки гидравлических домкратов, создающих загрузку фермы.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том что, при испытании были выявлены недостатки фермы. Разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции фермы. Изменения касаются конструкции нижнего пояса и увеличении массы стенда в месте крепления ферм. Выполнение указанных рекомендаций показало, что разрушение фермы происходит при нагрузке в 1,25 раз больше расчетной, а прогиб не превышает предельно допустимого значения.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для строительной отрасли состоит в том, что разработанная и усовершенствованная ферма пролетом 24 м обеспечивает требуемую несущую способность и деформативность.

Ключевые слова: ферма из холодногнутых профилей пролетом 24 м, стенд для испытания, установка гидравлических домкратов, методика испытаний, результаты испытания.

Введение

В настоящее время в строительстве широко используются оцинкованные холодногнутые профили [1-2]. Их применение стало наиболее востребованным с момента разработки методов расчета [3-7] и возможности их использования в решетчатых конструкциях. В частности, они стали применяться при производстве ферм покрытия, стержни которых соединяются при помощи болтов [8-16]. Следует отметить применение этих ферм при небольших пролетах [11-12]. Однако использование таких конструкций при больших пролетах, а именно более 15 м [8-10] ставит вопрос обеспечения их деформативности и устойчивости.

Ферма пролетом 24 м из оцинкованных холодногнутых профилей

Ферма пролетом 24 м, разработанная ЗАО «Ариада», выполнена с уклоном верхнего пояса, с высотой в середине пролета 2200 мм, на опоре – 1850 мм (рис. 1). Стержни фермы выполнены из оцинкованных холодногнутых профилей из стали класса С350. Сечения элементов указаны в таблице. Соединение стержней выполнено на болтах М16 класса прочности 5,6 на фасонках толщиной 16 мм из стали класса С245. Ферма рассчитана на узловую нагрузку 5,205 т, а центральный прогиб фермы при нормативной нагрузке составляет – 65 мм. Верхний и нижний пояса фермы выполнены по длине из двух элементов

соединенных в середине пролета. Стержни верхнего пояса соединены двумя рядами болтов в количестве 44 шт., а нижний пояс – тремя рядами болтов в количестве 42 шт.

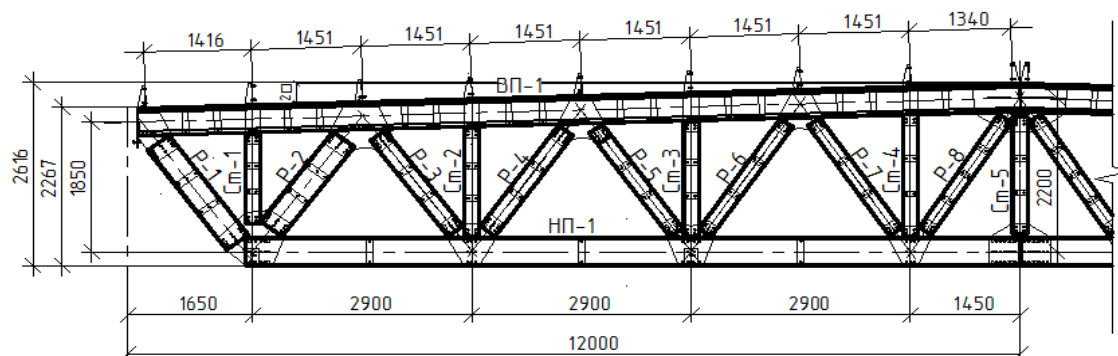


Рис. 1. Схема полуфермы пролетом 24 м (ЗАО «Ариада», 2016 г.)

Таблица

Сечения элементов фермы

Наименование элемента фермы	Сечение	Марка сечения	Характеристики одиночного сечения, мм
Верхний пояс ВП-1		2АСГ 400-100-30-4,0	H=400 B=100 t=4,0 C=30
Нижний пояс НП-1		2АС-400-98-25-4,0	H=400 B=100 t=4,0 C=25
Раскос P1-P2		2АС-350-98-25-4,0	H=350 B=98 t=4,0 C=25
Раскос P3-P4		2АС-250-90-20-3,0	H=250 B=90 t=3,0 C=20
Раскос P5-P8, стойка Ст1-Ст5		2АС-200-80-20-3,0	H=200 B=80 t=3,0 C=20

Учитывая имеющееся конструктивное решение разработанной фермы, необходимо определить её фактическую несущую способность и деформативность.

Стенд и испытание фермы

Для испытания ферм в горизонтальном положении был разработан стенд размерами 6×24 м из оцинкованных профилей, установленный и закрепленный к бетонным блокам П1 размерами 0,3×0,3×0,3 м (рис. 2).

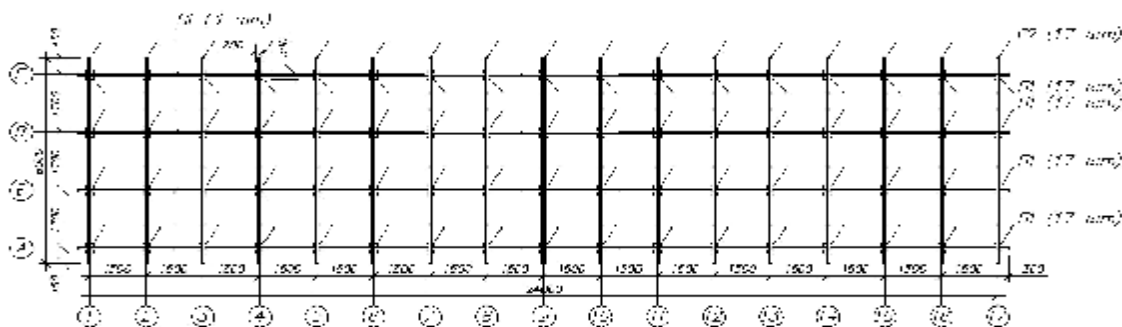


Рис. 2. Горизонтальный стенд для испытания ферм пролетом до 24 м:
С1, С2 – профиль из холодногнутого швеллера 200×80 мм
(Кузнецов И.Л., Фахрутдинов А.Э., КГАСУ, 2018 г.)

Фактическое исполнение стенда отличается от проектного. При изготовлении стенда железобетонные блоки были заменены на стальные стойки с возможностью выравнивания горизонтальной установки при помощи болтовых креплений и опорных фланцев.

Для получения данных о несущей способности и деформативности использовались две фермы, уложенные на горизонтальный стенд (рис. 2). Фермы между собой соединяются по опорным узлам при помощи стального листа сечением $2400 \times 350 \times 10$ мм со сварными фасонками для восприятия опорной реакции. Для исключения потери устойчивости из плоскости были установлены упоры из холодногнутого швеллера 200×80 мм длиной 2 м и соединены по концам со стендом тягами длиной 600 мм. Общий вид стенда для испытания с установленными фермами приведен на (рис. 3).



Рис. 3. Установка двух ферм на стенд для испытания и обеспечение устойчивости из плоскости путем установки специальных удерживающих элементов (ЗАО «Ариада, 2018 г.)

Для загрузки ферм во всех узлах, кроме опорных, установлены гидродомкраты ДУ10П250 с максимальной силой давления 10 т. Данные гидродомкраты оперты на специальные упоры, прикрепленные на болтах к элементам крепления прогонов к ферме. Кроме того, гидродомкраты шарнирно присоединены к поперечным швеллерам стенда. Гидродомкраты связаны между собой системой шлангов РВД2000К через делители РПЛ 1-5 и подключены к ручной насосной станции НРГ-8080. Во всей гидросистеме обеспечивается одинаковое давление. На выходе насосной станции установлен манометр виброустойчивый МА100ВУ63. В систему залито специальное гидравлическое масло.

Для обеспечения устойчивости верхних поясов ферм с шагом 1,5 м установлены удерживающие балки, шарнирно соединенные с элементами стенда (рис. 4).



Рис. 4. Установка элементов, обеспечивающих устойчивость верхних поясов из плоскости и гидродомкратов, создающих нагрузку в каждом верхнем узле фермы (ЗАО «Ариада, 2018 г.)

Величина узловой нагрузки на ферму определялась по формуле:

$$F = M \cdot A, \quad (1)$$

где M – показания по манометру, МПа;

$A = \pi r^2$ – площадь поперечного сечения плунжера гидроцилиндра, см²;

$r = 2,2$ см – радиус плунжера гидроцилиндра.

Испытание ферм проводилось в несколько этапов. При первом испытании при узловой нагрузке 3 т (67,63 % от нормативной) деформативность (прогиб) фермы по показанию прогибомера 6ПАО составляла 80 мм, что превышало теоритическое значение, равное 65 мм.

Принято решение выполнить нижний пояс фермы из трех элементов. Средний элемент длиной 12 м, а крайние по 4,5 м. Соединение данных стержней выполнялось в узлах с меньшим числом болтов. Повторное испытание фермы показало, что прогиб существенно уменьшился и удовлетворяет предельно допустимым значениям (рис. 5).



Рис. 5. Прогиб нижнего пояса фермы под нагрузкой (ЗАО «Ариада, 2018 г.)

Однако при узловой нагрузке 4,86 т (93,37 % от расчетной) произошла упругая потеря устойчивости сжатых элементов, что отмечалось выпучиванием фермы и отрывом стенда от поверхности его крепления (рис. 6). Принято решение о загрузке стенда с опорных частей ферм пригрузом по 1,5 т, что позволило провести дальнейшее нагружение. При этом достигнута узловая нагрузка $F = 6,764$ т, что на 25 % превышает расчетное значение, а прогиб при этом составил – $f = 87$ мм.



Рис. 6. Внезапное вертикальное перемещение из плоскости крайних узлов ферм и элементов стенда (ЗАО «Ариада, 2018 г.)

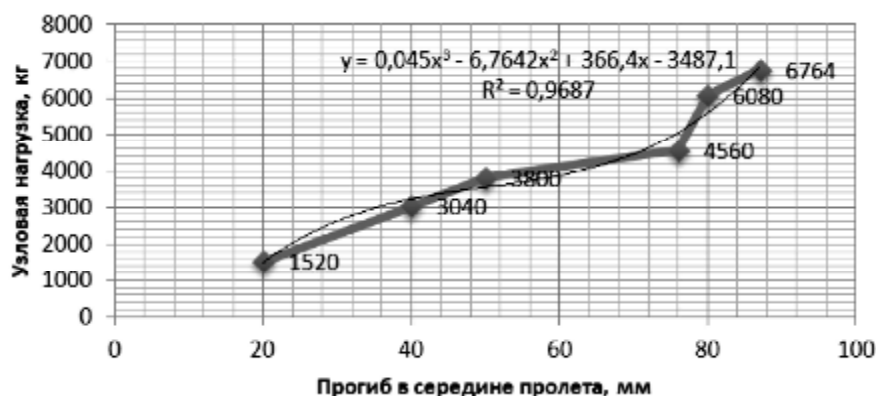


Рис. 7. График зависимости фактических прогибов от узловой нагрузки (Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., 2018 г.)

Заключение

По результатам разработки стенда и проведения испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Ферма пролетом 24 м обладает требуемой несущей способностью и деформативностью, при условии выполнения нижнего пояса из трех элементов, среднего – длиной 12 м и двух крайних по 4,5 м. При этом установлено, что разрушающая нагрузка превышает расчетную нагрузку в 1,25 раза.
2. Стенд для испытания фермы должен обладать требуемой массой, а именно его торцевые и средние опоры должны быть массой не менее 1 т, а все остальные – не менее 0,3 т.
3. В коньковом узле верхнего пояса необходимо выполнить двутавровое сечение листовой фасонки и исключить из конструкции центральную стойку.

Список библиографических ссылок

1. Айрумян Э. Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутох стальных оцинкованных профилей ООО «Балт-Профиль». М., 2004. 70 с.
2. Семенов В. С. Быстро возводимые малоэтажные здания из легких стальных тонкостенных конструкций // Вестник КРСУ. 2007. № 6. С. 61–68.
3. Белый Г. И. Методы расчета стержневых элементов конструкций из тонкостенных холодногнутох профилей // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 4 (45). С. 32–37.
4. EN 1993-1-3:2004. Eurocode – Design of steel structures. Part 1-3: General – Supplementary rules for cold formed members and sheeting. European Committee for Standardization, 2004.
5. Basaglia C., Camotim D., Silvestre N. Post-buckling analysis of thin-walled steel frames using generalized beam theory (GBT) // Thin – Walled Structures. 2013. P. 229–242.
6. Yao Z., Rasmussen K. J. Material and geometric nonlinear isoparametric spline finite strip analysis of perforated thin-walled steel structures – Numerical investigations. Thin-walled structures. 2011. P. 1374–1379.

7. Wallace James A., Schuster R. M., La Boubé R. A. Testing of bolted cold-formed steel connections in bearing (with and without washers) // Final report by Canadian Cold Formed Steel Research Group, Department of Civil Engineering, University of Waterloo. Ontario, Canada. 2001. 33 p.
8. Зверев В. В., Семенов А. С. Влияние податливости болтовых соединений на деформативность фермы из тонкостенных гнутых профилей // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. № 2 (10). С. 9–7.
9. Белый Г. И., Айрумян Э. Л. Исследования работы стальной фермы из холодногнутых профилей с учётом их местной и общей устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 5. С. 41–44.
10. Предотвращение аварий зданий и сооружений // PAMAG.RU : ежедн. интернет-изд. 2009. URL: <http://prevdis.ru/naturnye-ispytaniya-stropilnoj-fermy-iz-tonkostennyh-holodnognutyh-profilej.html> (дата обращения: 15.09.2018).
11. Колесов А. И., Лапшин А. А., Ямбаев И. А., Морозов Д. А. Опытное исследование стальных ферм из тонкостенных холодногнутых профилей на самонарезающих винтах // Приволжский научный журнал. 2013. № 4 (28). С. 15–19.
12. Гарифуллин М. Р., Ватин Н. И. Устойчивость тонкостенного профиля при изгибе – краткий обзор публикаций // Строительство уникальных зданий и сооружений 2014. № 6 (21). С. 32–49.
13. Ведяков И. И., Одесский П. Д., Соловьев Д. В. Несущая способность болтовых соединений легких конструкций из холодногнутых профилей малых толщин // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 3. С. 19–22.
14. Кузнецов И. Л., Фахрутдинов Р. Р., Рамазанов Р. Р. Результаты экспериментальных исследований работы соединений тонкостенных элементов на сдвиг // Вестник МГСУ. 2016. № 12. С. 34–43.
15. Кунин Ю. С., Колесов А. И., Ямбаев М. А., Морозов Д. А. Усиление и расчет стальных конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей с учетом податливости узловых соединений // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 74–81.
16. Мысак В. В., Туснина О. А., Данилов А. И., Туснин А. Р. Особенности работы соединений металлических элементов на заклепках различных типов // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 82–89.

Kuznetsov Ivan Leonidovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Salakhoutdinov Marat Aidarovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: lider-kazan@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Gainetdinov Rishat Gabdulhaevich

design engineer

E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru

LLC «Akveduk»

The organization address: 420097, Russia, Kazan, Zaslonovala st., 5

**Stand and test results of a 24 m span truss with elements
of galvanized cold-formed profiles**

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to determine the critical bearing capacity and deformability of the developed truss from galvanized cold-formed profiles by a span of 24 m. To carry out experimental studies, a test stand and test procedure is proposed, as well as the installation of hydraulic jacks that create the loading of the truss.

Results. The tests carried out revealed the disadvantages of the truss. For the truss are developed recommendations. These recommendations relate to the design of the down chord and the increase in the weight of the test stand at place of joining the trusses. The recommendations are made and results showed us that the destruction of the truss occurred at a load 1,25 times higher than the calculated one, and the deflection does not exceed the calculated value.

Conclusions. The significance of the research results for the construction industry is the developed and improved 24 m span truss provides load-bearing capacity and required deflection.

Keywords: truss from cold-formed profiles 24 m span, test stand, setting of hydraulic jacks, test methodology, test results.

References

1. Ayrumyan E. L. Recommendations for designing, manufacturing and assembling the structures of carcass of low-rise buildings and mansards from cold-bent steel zinc-plated profiles of ООО Balt-Profile. M., 2004. 70 p.
2. Semenov V. S. Quickly erected low-rise buildings from the lungs steel thin-walled constructions // Vestnik KRSU. 2007. № 6. P. 61–68.
3. Belyy G. I. Methods for calculating the rod elements of structures from thin-walled cold-formed profiles // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2014. № 4 (45). P. 32–37.
4. EN 1993-1-3:2004. Eurocode – Design of steel structures. Part 1-3: General – Supplementary rules for cold formed members and sheeting. European Committee for Standardization, 2004.
5. Basaglia C., Camotim D., Silvestre N. Post-buckling analysis of thin-walled steel frames using generalized beam theory (GBT) // Thin – Walled Structures. 2013. P. 229–242.
6. Yao Z., Rasmussen K. J. Material and geometric nonlinear isoparametric spline finite strip analysis of perforated thin-walled steel structures – Numerical investigations. Thin-walled structures. 2011. P. 1374–1379.
7. Wallace James A., Schuster R. M., La Boubé R. A. Testing of bolted cold-formed steel connections in bearing (with and without washers) // Final report by Canadian Cold Formed Steel Research Group, Department of Civil Engineering, University of Waterloo. Ontario, Canada. 2001. 33 p.
8. Zverev V. V., Semenov A. S. Influence of bolted connections compliance on deformability of girder made from slender roll-formed sections // Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2008. № 2 (10). P. 9–17.
9. Belyy G. I., Ayrumyan E. L. Investigations of the work of a steel truss from cold-formed profiles taking into account their local and general stability // Promyshlennoye grazhdanskoye stroitel'stvo. 2010. № 5. P. 41–44.
10. Preventing accidents of buildings and structures // PAMAG.RU : daily. internet-edit. 2010. URL: <http://prevdis.ru/naturnye-ispytaniya-stropilnoj-fermy-iz-tonkostennykh-holodnognutnykh-profilej.html> (reference date: 15.09.2018).
11. Kolesov A. I., Lapshin A. A., Yambaev I. A., Morozov D. A. Experimental study of steel trusses from thin-walled cold-formed profiles on self-tapping screws // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. 2013. № 4 (28). P. 15–19.
12. Garifullin M. R., Vatin N. I. Buckling analysis of thin-walled cold-formed beams – short review // Stroitel'stvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. № 6 (21). P. 32–49.
13. Vedyakov I. I., Odesskiy P. D., Solov'yev D. V. Bearing capacity of bolted connections of light structures from cold-formed profiles of small thicknesses // Promyshlennoye grazhdanskoye stroitel'stvo. 2010. № 3. P. 19–22.
14. Kuznetsov I. L., Fakhrutdinov A. E., Ramazanov R. R. Results of experimental research for shear strain of connections of thin-walled elements // Vestnik MGSU. 2016. № 12. P. 34–43.
15. Kunin Yu. S., Kolesov A. I., Yambaev I. A., Morozov D. A. Strengthening and analysis of steel structures made of thin-walled cold-bent profiles with account for the yield of joint connections // Vestnik MGSU. 2012. № 11. P. 74–81.
16. Mysak V. V., Tusnina O. A., Danilov A. I., Tusnin A. R. Features of the work of metal compounds on rivets of various types // Vestnik MGSU. 2014. № 3. P. 82–89.

УДК 624.011

Кузнецов Иван Леонидович

доктор технических наук, профессор

E-mail: kuz377@mail.ru

Арипов Далер Насимович

аспирант

E-mail: architector-1992@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Фахрутдинов Адель Эдуардович

главный инженер, кандидат технических наук

E-mail: faxrutdinoff@yandex.ru

АО «ОЭЗ Иннополис»

Адрес организации: 420500, Россия, г. Иннополис, ул. Университетская, д. 7

Болтовое соединение в стержневых конструкциях из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП)

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определить фактическую прочность пултрузионного стеклопластика при различных углах пултрузии к направлению усилий.

Поставлена задача – на основе полученных фактических значений прочности реализовать болтовое соединение в стержневых конструкциях, где усилия передаются под различными углами к направлению пултрузии.

Результаты. Основные результаты исследований состоят в выявлении запаса прочности пултрузионного стеклопластика при различных углах к направлению усилия. Фактический запас прочности позволяет реализовать узловые соединения в решетчатых конструкциях с наименьшими затратами материала.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в расширении области применения пултрузионных стеклопластиковых профилей при строительстве легких зданий.

Ключевые слова: поперечная рама, болтовое соединение, стеклопластик, пултрузия, смятие.

Введение

В настоящее время весьма актуальным является применение пултрузионных стеклопластиковых изделий в авиации, железнодорожном транспорте, строительстве и других областях техники [1]. Уникальные свойства пултрузионных профилей дают возможность применять их во многих отраслях строительства, сельского хозяйства и других сферах деятельности. Вместе с тем, применение данных профилей в несущих конструкциях сдерживается. Значительное влияние на это оказывает состояние нормативной базы и отсутствие опыта возведения конструкций из ПСП. Существующие нормативные документы являются рекомендациями отдельных производств или стандартами различных ассоциаций.

Фермы и рамные конструкции из ПСП проектируются и конструируются более 30 лет [2]. Анализ существующих рекомендаций показывает, что одной из проблем при разработке стержневых конструкций из ПСП является обеспечение требуемой прочности и деформативности соединений элементов. Узловые соединения в стержневых конструкциях из ПСП выполняются преимущественно болтовыми [3], где усилия передаются под различными углами к направлению пултрузии [4]. В работах [5-6] приведены примеры разработок и конструирование стержневых конструкций из ПСП. В исследованиях ученые рассмотрели влияние направления пултрузии к усилию, размеров крепежных элементов, минимальных расстояний между болтами на несущую способность соединения.

Разработка и исследование поперечной рамы из ПСП

В рамках настоящей статьи для исследования болтовых соединений элементов из ПСП, работающих на сдвиг предложена поперечная рама здания, с габаритами и параметрами, приведенными на рис. 1.

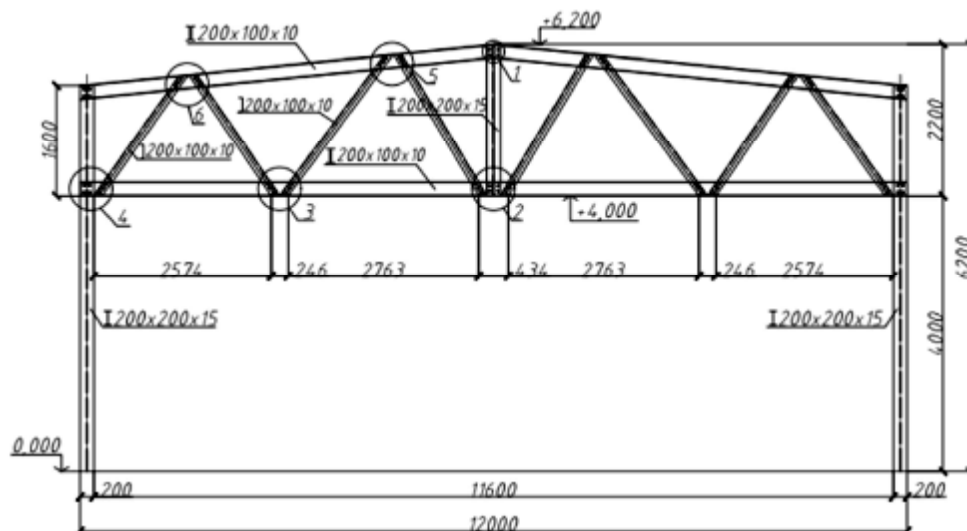


Рис. 1. Поперечная рама здания из ПСП пролетом 12 м, высотой до низа ферм 4 м, установленная с шагом 4 м (иллюстрация авторов)

В ходе исследования рамы здания были выполнены компьютерное моделирование, расчеты и конструирование несущих элементов с учетом реальных физико-механических характеристик композитного материала. Статистический расчет каркаса здания из ПСП производился с учетом нагрузок от собственного веса, снеговых (для IV района) и ветровых (для II района) нагрузок согласно СП 20.13330.2016. Статистический расчет был выполнен в программном комплексе «ЛИРА-САПР», реализующем метод конечных элементов.

При конструировании поперечной рамы был использован швеллер 200×100×10 мм и двутавр 200×200×15 мм производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит» (г. Елабуга) [7-8]. Элементы решетки поперечной рамы (рис. 2) работают в оптимальных условиях, так как направление пултрузии совпадает с направлением действия усилия [8]. Узлы соединения запроектированы с применением стальных болтов класса 5.6 диаметром 18 мм, отверстия под болты приняты диаметром 19 мм, диаметр шайб – 36 мм согласно «Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций из пултрузионных стеклопластиковых профилей производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит».

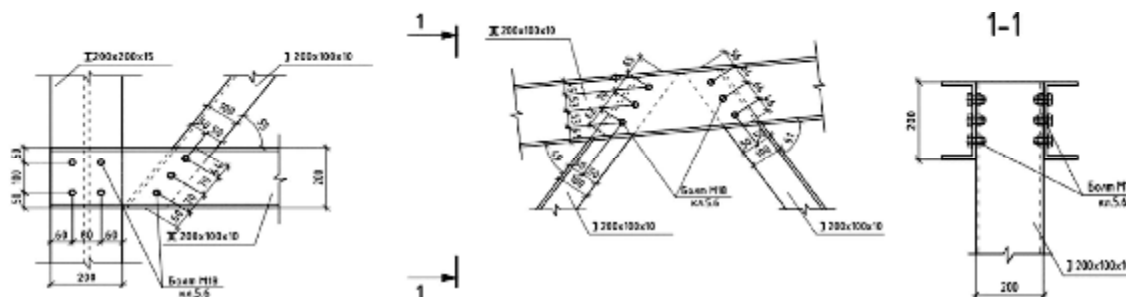


Рис. 2. Узлы соединения элементов рамы здания из ПСП (иллюстрация авторов)

Исследование несущей способности узловых соединений

Несущая способность соединения должна превышать усилие, действующее в узле:

$$S \leq S_{\text{нес}}$$

где S – усилие, действующее в узле,

$S_{нес}$ – несущая способность соединения.

$$S_{нес} = \min\{nS_{бр}; S_{нт}; S_{LT}; S_{cl}\},$$

где $S_{бр}$ – несущая способность материала профилей на смятие,

$S_{нт}$ – несущая способность материала профилей на растяжение,

S_{LT} – несущая способность материала профилей на срез,

S_{cl} – несущая способность материала профилей на скалывание.

При конструировании болтовых соединений смятие является единственным вариантом отказа, не приводящим к хрупкому разрушению. В табл. приведены результаты расчетов несущей способности болтовых соединений поперечной рамы.

Таблица

Несущая способность болтовых соединений рамы здания

№ узлов	$S_{бр}$, кН	$S_{нт}$, кН	S_{LT} , кН	S_{cl} , кН	S_{min} , кН
1	25,2	208,89	252	113,19	25,2
2	20,16	48,13	144	67,39	20,16
3	20,16	48,13	144	67,39	20,16
4	20,16	48,13	144	67,39	20,16
5	20,16	57,41	139,2	67,15	20,16
6	20,16	58,12	163,2	82,03	20,16

Из табл. видно, что при конструировании данных болтовых соединений, определяющим фактором является несущая способность материала профилей на смятие. Все узлы, кроме опорного (узел № 4) и сопряжения раскосов с верхним поясом (узел № 6), проходят требуемые проверки, и законструированы с некоторым запасом прочности. При этом расчетное сопротивление на смятие согласно рекомендациям принимается в зависимости от θ (угол между направлением усилия в соединении и направлением пултрузии) равным $R_{бр, L}^p$ при $0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$ или $R_{бр, T}^p$ при $5^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$.

Авторами статьи было предположено, что расчетное сопротивление под различными углами фактически выше, нежели это указано в рекомендациях, и запас прочности позволит реализовать конструктивные решения узлов (4-6).

Композитные материалы рассматривают как материал, создаваемый совместно с конструкцией, а информацию о его свойствах получают на основе результатов испытаний таких «характерных» образцов, которые адекватно отражали бы специфику работы КМ в составе реальной конструкции [9]. Для подтверждения фактических значений прочности материала при различных углах были проведены экспериментальные исследования (рис. 3) с использованием универсальной разрывной машины марки ИР 5082-200. Для определения и оценки деформаций соединений был использован навесной экстензометр с базой 50 мм. После испытания образцов были получены графики зависимости деформаций в соединении от прикладываемого усилия.

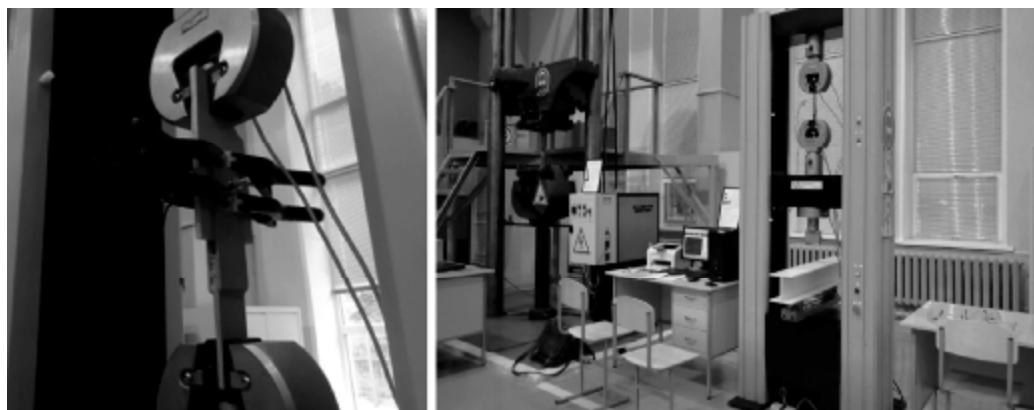


Рис. 3. Общий вид испытательного стенда на базе универсальной испытательной машины марки ИР 5082-200 (иллюстрация авторов)

На первом этапе был предложен узел соединения, состоящий из металлического захвата и листа пултрузии, который имитирует работу одноболтового соединения. Минимальные размеры были приняты на основе п. 11.1.1 Руководства по проектированию и расчету строительных конструкций из пултрузионных стеклопластиковых профилей производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит». После проведения испытаний образцов с направлением волокон 0° и 90° было выявлено, что данные образцы не подходят для правильной оценки работы узла. Экспериментально установлено, что при направлении волокон 0° узел теряет несущую способность из условия среза (рис. 4а), при 90° теряет несущую способность из условия скалывания (рис. 4б). Экспериментальные исследования показали, что, при рекомендованных расстояниях, согласно руководству, происходит хрупкое разрушение.

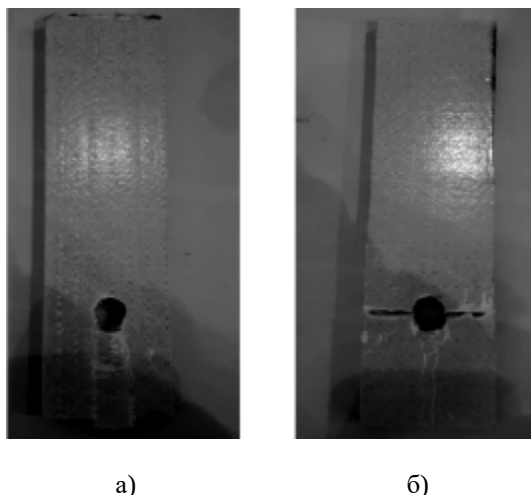


Рис. 4. Разрушение образцов из ПСП: а – при направлении волокон -0° ; б – при направлении волокон -90° (иллюстрация авторов)

Для исключения нежелательных вариантов отказа были уточнены геометрические характеристики экспериментального образца узлового соединения (рис. 5).

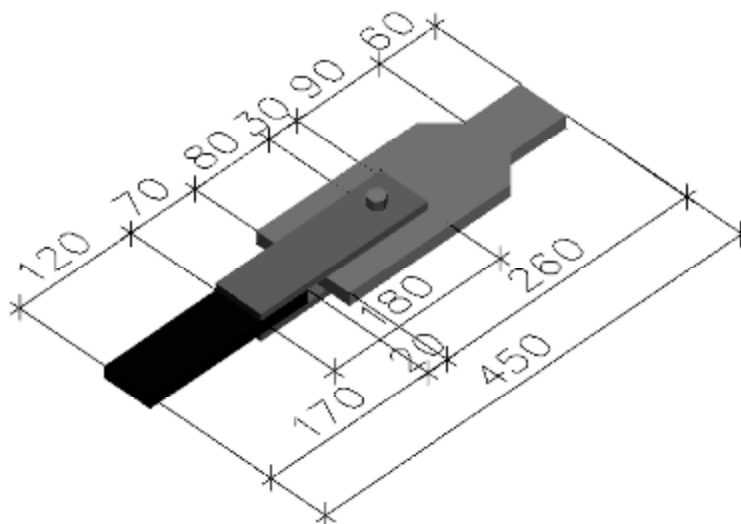
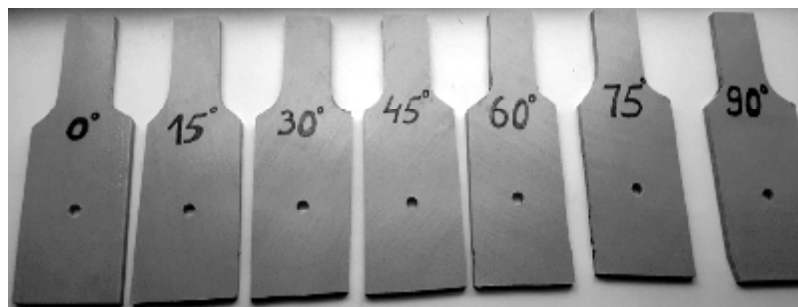
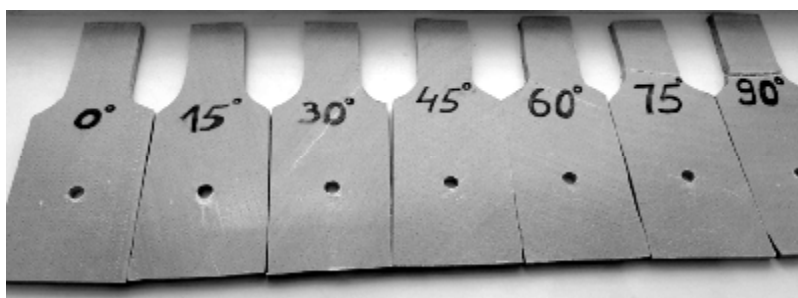


Рис. 5. Образец для испытаний (иллюстрация авторов)

На втором этапе авторами статьи были разработаны и испытаны семь образцов с одинаковой геометрией, при этом направление пултрузии в образцах менялось от 0° до 90° с шагом 15° [10] (рис. 6).



а)



б)

Рис. 6. Образцы для проведения испытаний:

а – до проведения испытаний; б – после проведения испытаний (иллюстрация авторов)

По результатам испытаний составлен график зависимости предельно допустимой нагрузки при смятии пултрузионного листа, перемещений от угла направления пултрузии (рис. 7-8). Теоретические значения несущей способности на смятие, при расчете согласно руководству, занижены, что приводит к перерасходу материала конструкции и экономической нецелесообразности.



Рис. 7. График зависимости несущей способности при смятии от угла направления пултрузии (иллюстрация авторов)

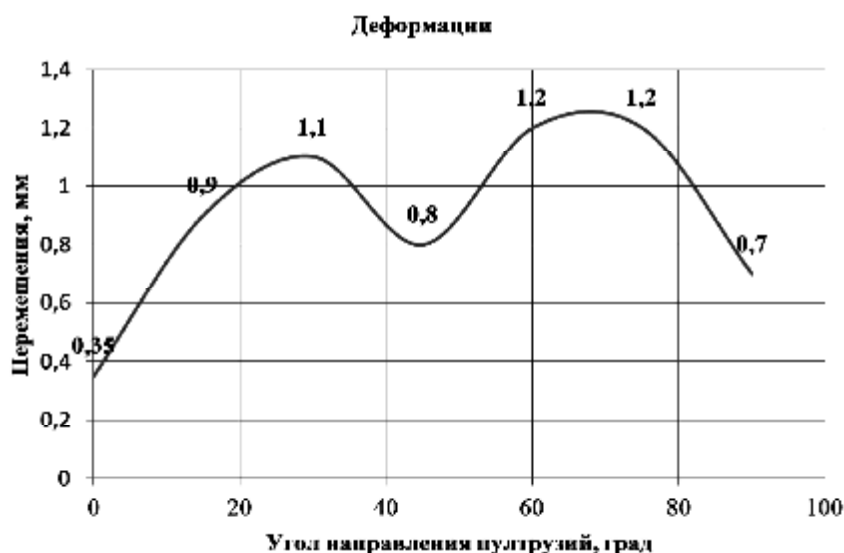


Рис. 8. График зависимости перемещений от угла направления пултрузии (иллюстрация авторов)

В законструированном каркасе (рис. 1) все раскосы расположены под углом близким к 45° . На третьем этапе авторами статьи были разработаны и испытаны 5 образцов с направлением волокон пултрузии под углом 45° для определения среднего расчетного сопротивления. После экспериментальных исследований 5-ти образцов были получены следующие значения:

- 1) 1320 кгс (образец деформируется на 0,9 мм);
- 2) 1280 кгс (образец деформируется на 1,0 мм);
- 3) 1200 кгс (образец деформируется на 0,7 мм);
- 4) 1180 кгс (образец деформируется на 1,2 мм);
- 5) 1090 кгс (образец деформируется на 1,3 мм).

Минимальный вероятностный предел прочности определяется при статической обработке результатов испытаний стандартных образцов на кратковременную нагрузку. Несущую способность определяем по формуле:

$$S_{bp} = S_{bp,cr} \times (1 - 2,25 \times c_v),$$

где $S_{bp,cr}$ – среднее арифметическое значение предела прочности, определяемое по формуле:

$$S_{bp,cr} = \frac{\sum S_{bp}}{n},$$

c_v – коэффициент изменчивости, определяемый по формуле:

$$c_v = \frac{S_{bp,cr,kv}}{S_{bp,cr}},$$

$1 - 2,25 \times c_v$ – величина, на которую следует уменьшить среднее арифметическое значение пределов прочности для получения несущей способности с вероятностью значения исследуемой характеристики (0,99), достаточной для безопасной эксплуатации конструкции.

$$S_{bp,cr,kv} = \sqrt{\frac{\sum (S_{bp} - S_{bp,cr})^2}{n-1}} = 89,89 \text{ кгс.}$$

Тогда:

$$c_v = \frac{89,89}{1214} = 0,0741.$$

$$S_{bp} = 1214 \times (1 - 2,25 \times 0,0741) = 1011,596 \text{ кгс.}$$

Расчетное сопротивление на смятие определяется по формуле:

$$S_{bp} = dtR_{bp,\sigma^p}. \quad (1)$$

Из формулы (1) выражаем расчетное сопротивление на смятие и получаем:

$$R_{bp,\sigma^p} = 99,204 \text{ МПа.}$$

Перерасчет узлов (4-6) с учетом полученных экспериментальных данных показали, что узлы проходят проверку на прочность.

Заключение

1. Результаты экспериментальных исследований показали, что несущая способность, при изменении угла направления усилия к направлению волокон пултрузии от 0° до 90° , имеет промежуточное значение, отличное от существующих рекомендаций. Испытания показали, что для угла 0° фактическая нагрузка превышает минимальную расчетную нагрузку на 37 %.

2. Экспериментальные исследования узлов с направлением пултрузии в 45° показали, что минимальное расчетное сопротивление с обеспеченностью 95 % для рассмотренной серии образцов составило 99,2 МПа, что выше расчетного сопротивления, приведенного в Руководстве по проектированию и расчету строительных конструкций из пултрузионных стеклопластиковых профилей производства ООО «Татнефть-Пресскомпозит» на 48 %.

3. Учет фактической несущей способности узловых соединений под различными углами позволяет реализовать несущие конструкции с меньшими затратами.

Список библиографических ссылок

1. Ушаков А. Е., Кленин Ю. Г., Сорокина Т. Г., Хайретдинов А. Х., Сафонов А. А. Мостовые конструкции из композитов // Композиты и наноструктуры. 2009. № 3. С. 25–37.
2. Lawrence C. Bank. Composites for construction: Structural Design with FRP Materials. New Jersey, 2006. 567 p.
3. Тиньков Д. В., Сафонов А. А. Оптимальное проектирование композитных ферменных мостовых конструкций // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2017. № 1. С. 55–62.
4. Фахрутдинов А. Э., Арипов Д. Н. Несущие конструкции сооружений из пултрузионных стеклопластиковых профилей : сб. ст. II Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения» / ВИАМ. Москва, 2017. С. 281–294.
5. Mottram J. T., Zafari B. Pin-bearing strengths for design of bolted connections in pultruded structures // Structures and buildings. 2011. P. 291–305.
6. Oppe M. W., Knippers J. Application of bolted connections in fibre-reinforced polymers. Structures and buildings. 2011. P. 322–332.
7. Продукция // FIBERPULL.RU : Сайты организаций Группы «Татнефть». URL: http://fiberpull.ru/products/stekloplastikovye-profil_i (дата обращения: 10.06.2018).
8. Тезисы докладов : сб. научных трудов 69-й Всероссийской научной конференции, Казань, 2017. 393 с.
9. Каюмов Р. А., Луканкин С. А., Паймушин В. Н., Холмогоров С. А. Идентификация механических характеристик армированных волокнами композитов // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2015. Т. 157. Кн. 4. С. 112–132.
10. Кузнецов И. Л., Фахрутдинов А. Э., Арипов Д. Н. Исследование болтовых соединений элементов из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) : сб. ст. Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы нового поколения. Трансфер инноваций из авиации в приоритетные сектора экономики России» / ВИАМ. Ульяновск, 2018. С. 6–15.

Kuznetsov Ivan Leonidovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuz377@mail.ru

Aripov Daler Nasimovich

post-graduate student

E-mail: architector-1992@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Fakhrutdinov Adel Eduardovich

chief engineer, candidate of technical science

E-mail: fakhrutdinoff@yandex.ru**JSC «SEZ»Innopolis»**

The organization address: 420500, Russia, Innopolis, Universitetskaya st.,7

Bolted joint in pultruded glass-reinforced plastic (GRP) profile framings**Abstract**

Problem statement. The main purpose of the research is to determine the actual strength of pultrusion fiberglass at different angles of pultrusion to the direction of force. The task is set – to realize on the basis of the obtained actual strength values the bolted joint in the framing where the forces are transmitted at different angles to the direction of pultrusion.

Results. The main results of the research are to identify the safety factor of pultrusion fiberglass at different angles to the direction of force. The actual strength allows the implementation of nodal joints in framings with the lowest material costs.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is to expand the scope of pultrusion fiberglass profiles in the construction of light buildings.

Keywords: bent, bolted joint, glass-reinforced plastic, pultrusion, bearing.

References

1. Ushakov A. E., Klenin Y. G., Sorina T. G., Khayretdinov A. H., Safonov A. A. Composites for bridge structures // *Composites and nanostructures*. 2009. № 3. P. 25–37.
2. Lawrence C. Bank. *Composites for construction: Structural Design with FRP Materials*. New Jersey, 2006. 567 p.
3. Tinkov D. V., Safonov A. A. Optimal design of composite truss bridge structures // *Problems of mechanical engineering and reliability of machines*. 2017. № 1. P. 55–62.
4. Fakhrutdinov A. E., Aripov D. N. Framing structures from pultruded GRP profiles : dig. of art. II all Russian scientific and technical conference «Polymer composite materials and new generation production technologies» / VIAM. Moscow, 2017. P. 281–294.
5. Mottram J. T., Zafari B. Pin-bearing strengths for design of bolted connections in pultruded structures // *Structures and buildings*. 2011. P. 291–305.
6. Oppe M. W., Knippers J. Application of bolted connections in fibre-reinforced polymers. *Structures and buildings*. 2011. P. 322–332.
7. Production // FIBERPULL.RU : Websites of the group «Tatneft». URL: <http://fiberpull.ru/products/stekloplastikovyie-profili> (reference date: 10.06.2018).
8. Theses of reports : proceedings of the 69th All-Russian scientific conference, Kazan, 2017. 393 p.
9. Kayumov R. A., Lukankin V. N., Paimushin S. A., Kholmogorov S. A. Identification of Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Composites // *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*. 2015. Vol. 157. № 1. P. 112–132.
10. Kuznetsov I. L., Fakhrutdinov A. E., Aripov D. N. A study of bolted joints pultruded GRP profiles elements : dig. of art. All-Russian scientific and technical conference «Polymer composite materials of new generation. Transfer of innovations from aviation to priority sectors of the Russian economy» / VIAM. Ulyanovsk, 2018. P. 6–15.



УДК 624.151.2

Мирсаяпов Илизар Талгатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Нуриева Дания Мансуровна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: danm_n@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Шакиров Ильдус Фатихович

генеральный директор

E-mail: fsrshakirov@mail.ru

ООО НППФ «Фундаментспецремонт»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Гвардейская, д. 56

**Исследование напряженно-деформированного состояния
каркаса многоэтажного административного здания
с учетом неравномерного деформирования свайного основания**

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является оценка несущей системы каркаса и плитно-свайного фундамента здания с учетом отклонений в конструкциях здания от проектных параметров и деформирования свайного основания.

Результаты. Выявлены основные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния элементов системы «свайное основание – плитный ростверк – многоэтажный железобетонный каркас» вследствие неравномерного деформирования свайного основания.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в установлении влияния имеющихся отклонений от проектных параметров на несущую способность конструкций, оснований и фундаментов здания, результаты исследований могут быть использованы при разработке проектов реконструкции зданий со значительным увеличением нагрузки на существующие несущие конструкции и грунтовое основание.

Ключевые слова: основание, свайно-плитный фундамент, буронабивная свая, несущая способность, монолитный каркас.

Введение

На сегодняшний день свайно-плитные фундаменты являются одной из наиболее эффективных разработок в области фундаментостроения. Они с успехом применяются при проектировании многоэтажных сооружений на площадках с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, поскольку обладают повышенной несущей способностью. Однако в последнее время достаточно часто при устройстве таких фундаментов наблюдаются случаи отклонения от проектных решений, что может привести, несмотря на их высокую распределительную способность, к развитию неравномерных осадок и, как следствие, повреждению надземных конструкций. В таких условиях важным является проведение натурных и численных исследований напряженно-деформированного состояния несущего остова зданий с целью оценки их остаточного ресурса и необходимости реконструкции (усиления).

Исследуемое здание

Исследуемое двенадцатиэтажное административное здание построено в начале 21 столетия, в плане имеет форму квадрата со скошенными углами. Здание выполнено с жесткой каркасной несущей системой из монолитного железобетона, с железобетонными балочными перекрытиями и ядром жесткости, где размещены пассажирские и грузовые лифты. Фундамент здания запроектирован свайно-плитным из железобетонных

буронабивных свай диаметром 800 мм и железобетонного плитного ростверка толщиной 1200 мм. План свайного поля представлен на рис. 1.

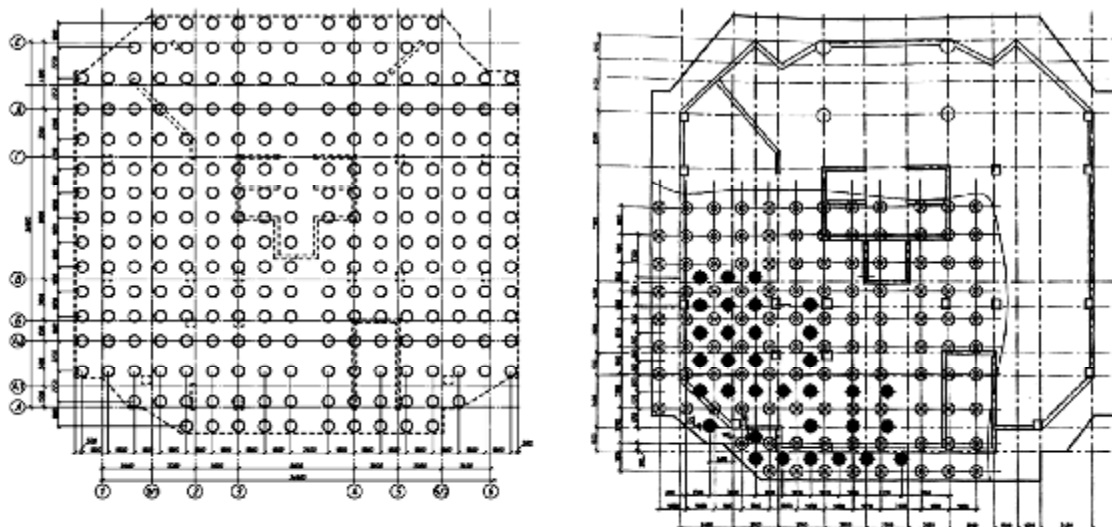


Рис. 1. План свайного поля согласно проектному решению и схема усиления грунтоцементными сваями (иллюстрация авторов)

Свайно-плитный фундамент при строительстве был выполнен с существенными отклонениями от проекта – под частью здания (в осях 1-4/А-Г) сваи имеют длину 5,4 м вместо проектной 10 м. Устройство свайного поля с указанными отклонениями привело к неравномерному деформированию и осадке грунтового основания, к неравномерному и дополнительному деформированию плитного ростверка, к крену плитного ростверка и здания в целом. Вследствие неравномерного деформирования и крена плитного ростверка в несущих конструкциях здания возникли дополнительные (неучтенные при проектировании) усилия и напряжения, что привело к образованию и развитию трещин в элементах каркаса и к деформированной (непроектной) схеме работы каркаса при эксплуатации. В связи с деформациями и креном здания в направлении коротких свай, появлением в ригелях каркаса трещин из-за нерасчетных растягивающих напряжений, в дальнейшем было выполнено усиление фундаментов в зоне коротких свай грунтоцементными сваями диаметром 600 мм и длиной 10 м (рис. 1).

Усиление свайного основания путем устройства грунтоцементных свай позволило восстановить несущую способность основания до проектных значений. Однако такой подход не позволил устранить дополнительную осадку, кроме этого модуль упругости грунтоцементных свай существенно меньше модуля упругости железобетонных свай, что приводит к возникновению и развитию дополнительных осадок основания, дополнительных перемещений и усилий в несущих конструкциях каркаса и в плитном ростверке. При прогнозе несущей способности и оценке прогнозного остаточного ресурса здания для реконструкции и последующей эксплуатации необходим учет вышеуказанных факторов.

Инженерно-геологические условия строительной площадки

Инженерно-геологические условия площадки рассматриваемого здания характеризуются невыдержанностью по простирацию слоев грунтов по площади и глубине, неоднородностью их состава и состояния. Район изысканий относится к Бугульминско-Белебеевскому возвышенному плато с глубоким эрозионным расчленением. Площадка, где расположено исследуемое здание, расположена в пределах левобережной террасы долины р. Ст. Зай. Согласно результатам инженерно-геологических изысканий, использованных при разработке проекта свайного основания здания, в геологическом строении участка принимают участие аллювиально-делювиальные четвертичные отложения и верхнепермские элювиальные отложения, перекрытые с поверхности толщей техногенных отложений четвертичного возраста

(рис. 2). При изысканиях подземные воды не обнаружены. Геолого-литологическое строение участка включает в себя:

- техногенные насыпные грунты, которые распространены по всей площадке, мощность насыпных грунтов до 1,6 м;
- суглинки от твердой до тугопластичной консистенции мощностью от 2 до 7,5 м, обладающие просадочными свойствами в верхней части разреза;
- глина аргиллитоподобная, твердой консистенции, мощностью до 7,3 м;
- песчаник мелкозернистый, низкой прочности.

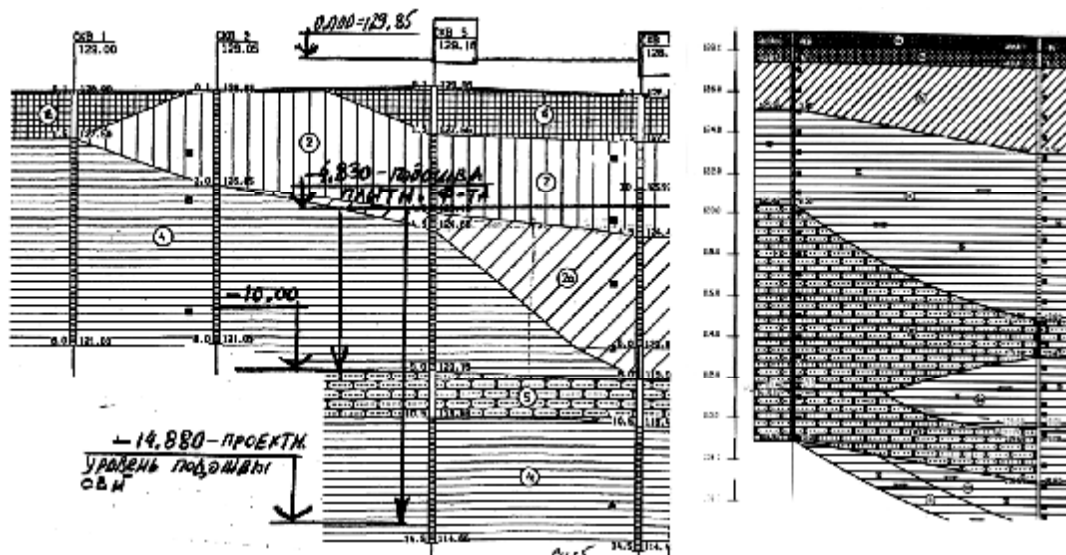


Рис. 2. Инженерно-геологические разрезы 2000 и 2018 годов (иллюстрация авторов)

Изыскания, проведенные в рамках исследования напряженно-деформированного состояния здания в 2018 году, свидетельствуют о повышении влажности и ухудшении состояния грунтов суглинков. При изысканиях выявлены два невыдержанных горизонта подземных вод – в толще четвертичных и верхнепермских отложений. Подземные воды безнапорные, питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, восходящей разгрузки подземных вод из нижележащих отложений. Кроме этого, сравнительный анализ результатов проведенных в разные годы изысканий показывает, что глубина расположения слоев грунта, их классификация и характеристики отличаются друг от друга.

Результаты натурного обследования здания

При проведении натурного обследования в 2018 году установлено, что максимальная ширина раскрытия имеющихся в железобетонных балках и плитах междуэтажных перекрытий трещин не увеличилась, однако произошло увеличение ширины раскрытия трещин, имеющих ранее меньшую ширину раскрытия, а также образование новых трещин между уже существующими. Характер развития трещин (рис. 3) свидетельствует об одновременном действии на балки и плиты перекрытий изгибающих моментов и продольных растягивающих усилий в нижних этажах и продольных сжимающих усилий в верхних этажах, вызывающих дополнительное раскрытие трещин. Продолжение развития трещин в несущих элементах перекрытия указывают на продолжающиеся деформации межсвайного грунтового пространства, грунтоцементных свай и осадку свайного основания.

Необходимо отметить, что класс бетона в обследуемых конструкциях здания достаточно высокий. Предел прочности на сжатие соответствует классам В25-В45 (проектный класс бетона В25). Результаты измерения представлены в табл. 1. Контроль прочности проводился методом ударного импульса в соответствии с ГОСТ 22690-88 при помощи электронного ударно-импульсного измерителя прочности ИПС-МГ4.03.

Таблица 1

Результаты измерения прочности бетона железобетонных конструкций на сжатие

№ п.п.	Наименование конструкции	Координаты конструкции	Вид бетона	$\bar{R}$, МПа	Класс бетона
1	Ж/б колонны	подвал, 13 этаж	тяжелый	25,1-31,3	B20-B25
2	Ж/б ригели	подвал, 1-13 этажи	тяжелый	28,9-47,1	B25-B40
3	Ж/б плиты перекрытия	подвал, 1-13 этажи	тяжелый	34,7-52,2	B30-B45
4	Ж/б стены	подвал	тяжелый	24,5-29,2	B20-B25



а)



б)

в)

Рис. 3. Трещины: а) в ригелях; б) в плитах перекрытия; в) в стенах (иллюстрация авторов)

Численные исследования напряженно-деформированного состояния каркаса

Для оценки несущей способности системы здания были дополнительно проведены численные исследования с использованием расчетного комплекса ЛИРА-САПР. Как отмечается в работах [1-6] грунтовые основания сооружений, подвергаясь сложному напряженному состоянию, влияют на НДС их надземной конструкции. Поэтому для получения результатов расчета, наиболее точно отражающих реальное поведение здания, необходимо проводить расчет единой системы «свайный фундамент – плитный ростверк – многоэтажный каркас». При вычислениях были созданы две пространственные модели:

- модель 1 – модель каркаса здания в проектном исполнении. На основании данной модели было определено напряженно-деформированное состояние каркаса с последующей проверкой его несущей способности при проектных геометрических и механических характеристиках конструктивных элементов, фундаментов и грунтовых оснований без

учета усиления основания свайного фундамента и наличия дефектов и повреждений в несущих и ограждающих конструкциях при проектных значениях нагрузок на здание;

- модель 2 – модель каркаса здания, отражающая его фактическое состояние на момент проведения исследований. На основании данной модели был произведен расчет конструктивной системы здания с учетом усиления свайного основания, наличия дефектов и повреждений в несущих элементах каркаса.

Разработанные модели представляли собой систему, в которой колонны, балки покрытия и перекрытий моделировались стержневыми элементами; плиты перекрытия, покрытия, стеновое ограждение из железобетона – оболочечными элементами, плита ростверка – элементами толстой оболочки. Расчетная модель каркаса представлена на рис. 4. Наличие дефектов и трещин в конструкциях производилось путем введения в расчет пониженного модуля деформации бетона [7], определяемого в соответствии с СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции». Работа свай моделировалась с помощью системы податливых элементов (связей), жесткость которых принималась в зависимости от деформационных характеристик грунтового основания и параметров свай. Расчет жесткости податливых связей производился исходя из формулы [8-10]:

$$K = P/s_G, \quad (1)$$

где P – нагрузка на сваю, s_G – осадка сваи от нагрузки P , принимаемая с учетом влияния соседних свай согласно СП 52-102-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов»: $s_G = R_s s_1$ (R_s – коэффициент увеличения осадки; s_1 – осадка одиночной сваи). Вычисление жесткости податливых связей производилось для трех типов свай:

- БНС 10-80 – проектная буронабивная свая длиной 10 м и диаметром 800 мм;
- БНС 5.4-80 – буронабивная свая непроектной длины (5,4 м) и диаметром 800 мм;
- ГПС 10-60 – грунтоцементная свая усиления длиной 10 м и диаметром 600 мм.

Результаты вычислений сведены в табл. 2. Жесткость сваи непроектной длины (5,4 м) составила 6343,48 кН, что на 35 % ниже жесткости проектной сваи (10 м). Учитывая наличие под плитой ростверка просадочного суглинка (ИГЭ-2) и возможность образования зазора на контакте между плитой и грунтом основания при замачивании последнего, вся нагрузка от здания в моделях передавалась на сваи.

Таблица 2

Сводная таблица расчета свай

Тип сваи	БНС 10-80	БНС 5.4-80	ГПС 10-60
Несущая способность сваи F_d , кН	1412,762	922,842	897,303
Допустимая нагрузка на сваю N_d , кН	1009,116	659,173	640,935
Осадка сваи s_G , м	0,103	0,104	0,0621
Жесткость податливой связи, моделирующей работу сваи K , кН/м	9726,606	6343,48	10305,6

Расчет производился на действие постоянных и временных нагрузок в соответствии со сводами правил СП 20.13330.2016, СП 14.13330.2014. Для учета этапа усиления был использован модуль «Монтаж», встроенный в структуру программы ЛИРА-САПР. Дополнительно на языке С+ были написаны программы, позволяющие произвести оценку несущей способности каркаса с учетом ветровых и сейсмических воздействий. Результаты расчетов представлены в табл. 3-7 и на рис. 4.

Таблица 3

Сводная таблица расчетных нагрузок на сваи
(с учетом усиленного основания)

Модель	В сваях проектной длины (10 м)			В сваях не проектной длины (5,4 м)		
	Доп. нагрузка N_d , кН	N_{max} , кН	N_{min} , кН	Доп. нагрузка N_d , кН	N_{max} , кН	N_{min} , кН
Модель 1	1009,116	986,7	533,1	659,173	-	-
Модель 2		809,8	655,3		514,1	383,6

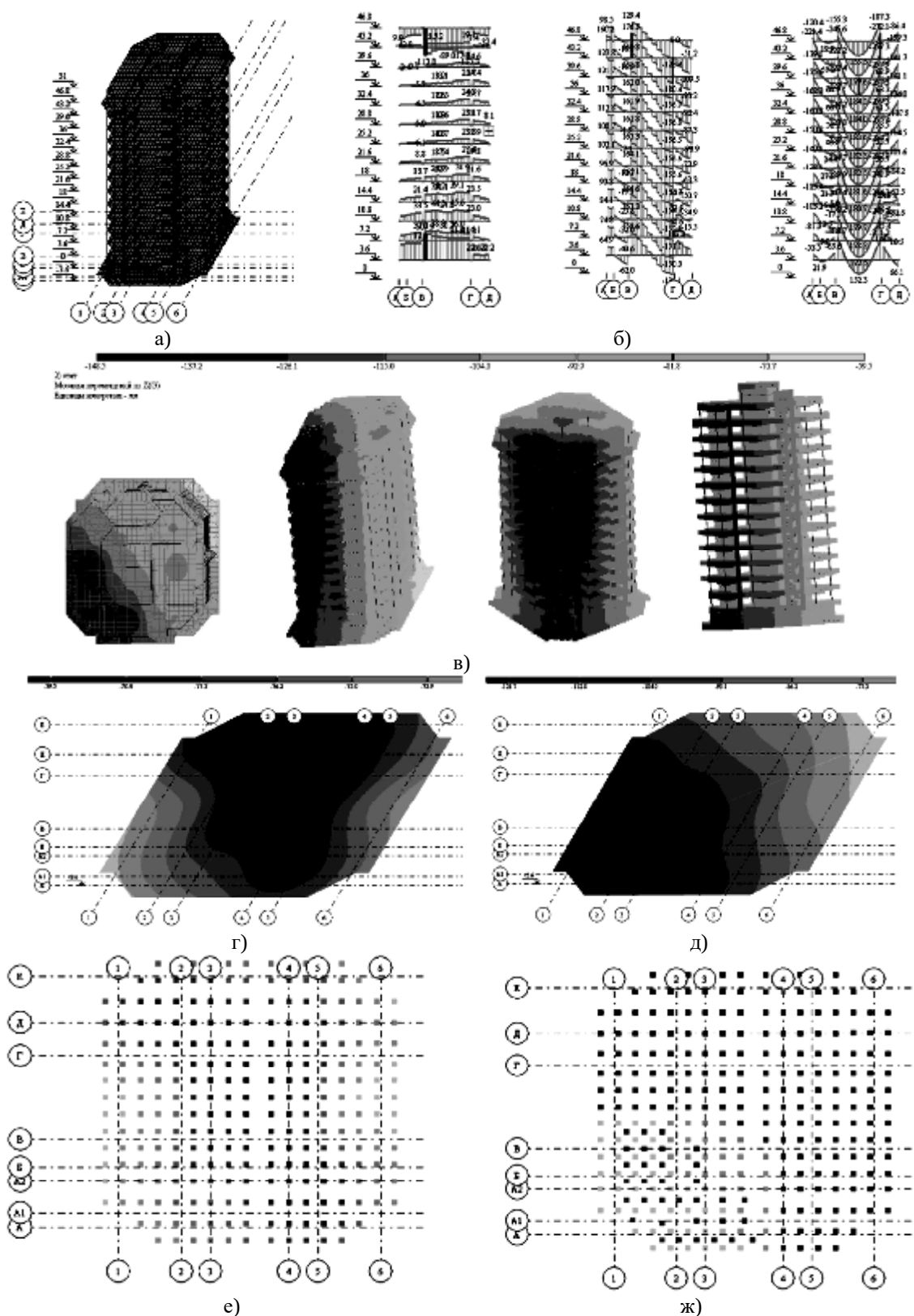


Рис. 4. Результаты расчета: а) пространственная расчетная модель каркаса; б) характер распределения усилий N , Q , M в балках сечением 300×800 по высоте здания при действии статических нагрузок (модель 2); в) деформированное состояние каркаса при действии статических нагрузок (модель 2); г), д) деформированное состояние плиты ростверка в проектном (модель 1) и фактическом (модель 2) состоянии; е) мозаика распределения нагрузок на сваи в модели 1; ж) то же – в модели 2 (иллюстрация авторов)

Таблица 4

Коэффициенты использования прочности свай

Тип свай	БНС 10-80 (проектная)		БНС 5.4-80 (непроектная)	
Допустимая нагрузка на сваю N_d , кН	1009,116		659,173	
Вариант	Проектное исполнение	Фактическое состояние с учетом усиления	Проектное исполнение	Фактическое состояние с учетом усиления
Максимальное усилие в свае N_{max} , кН	986,7	809,8	-	514,1
Коэффициент использования прочности $K = N_{max}/N_d$	0,977	0,802	-	0,78

Таблица 5

Расчетные осадки

Модель	Мах осадка, мм	Мах осадка, мм	Средняя осадка, мм	Крен
Проектное состояние (модель 1)	80,7	71,6	76,15	0,00024
Фактическое состояние (модель 2)	130,7	59,5	95,1	0,00019
Предельно допустимые значения (СП 22.13330.2011)	-	-	150,0	0,003

Таблица 6

Коэффициенты использования прочности колонн

№ этажа	Проектное исполнение (модель 1)		Фактическое состояние (модель 2)	
	K_{max}	K_{min}	K_{max}	K_{min}
1 этаж	0,886	0,379	0,972	0,449
7 этаж	0,589	0,383	0,652	0,372
13 этаж	0,885	0,120	0,901	0,144

Таблица 7

Коэффициент использования прочности наиболее нагруженных балок перекрытий

№ этажа	Балки сечением 300×500 мм				Балки сечением 300×800 мм			
	Проектное исполнение (модель 1)		Фактическое состояние (модель 2)		Проектное исполнение (модель 1)		Фактическое состояние (модель 2)	
	опора	пролет	опора	пролет	опора	пролет	опора	пролет
1 эт.	0,862	0,986	0,859	0,982	0,862	0,986	0,859	0,982
7 эт.	0,74	0,921	0,733	0,987	0,74	0,921	0,733	0,987
13 эт.	0,588	0,931	0,667	0,987	0,588	0,931	0,667	0,987

Основные выводы

Проведенные численные исследования системы «свайное основание – плитный ростверк – многоэтажный каркас» с учетом совместного деформирования всех элементов системы позволили установить закономерности изменения напряженно-деформированного состояния всех элементов системы во время длительной эксплуатации. Основной причиной нестационарного деформирования элементов железобетонного каркаса, плиты ростверка и свайного основания, является наличие зоны со сваями непроектной длины, и снижение жесткости основания в этой зоне на 35 %. Вследствие чего происходит перераспределение усилий между свайным основанием и

железобетонными элементами каркаса и возникают непроектные дополнительные усилия в элементах междуэтажных перекрытий и колоннах, а также увеличивается крен здания. В монолитных железобетонных элементах перекрытия помимо изгибающих моментов возникают продольные растягивающие и сжимающие напряжения, что подтверждается образованием новых и развитием существующих нормальных и наклонных трещин в этих элементах.

Несмотря на вышеизложенные процессы, происходящие в элементах системы «свайное основание – плитный ростверк – надземная часть здания», несущая способность плитно-свайного фундамента, вертикальных и горизонтальных несущих элементов каркаса достаточна для восприятия действующих эксплуатационных нагрузок. Осадки и крены плитно-свайного фундамента находятся в пределах, допустимых нормами проектирования.

Заключение

Основной причиной изменения напряженно-деформированного состояния и увеличения усилий в несущих элементах каркаса здания, а также увеличения осадок и крена плитно-свайного фундамента является наличие зоны со сваями непроектной длины и, как следствие, снижение жесткости свайного основания в этой зоне на 35 %.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2011. № 4. С. 16–23.
2. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
3. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
4. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017, September. P. 2599–2602.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram : Proc. intern. symp., St.Petersburg; Russian Federation – ACUUS 2016 – 15th International Scientific Conference 'Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development', Vol. 165, 2016. P. 519–527.
7. Страхов Д. Е. Исследование воздействия аварийных факторов на пространственный каркас здания // Инновационная наука. 2016. № 11-2. С. 67–70.
8. Галиуллин Р. Р., Изотов В. С., Нуриева Д. М. Применение результатов численных исследований для оценки динамических характеристик здания с железобетонным каркасом // Актуальные вопросы развития науки. Сборник статей международной научно-практической конференции. Уфа : Башкирский Государственный ун-т, 2014. С. 32–38.
9. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. Киев : Факт, 2005. 344 с.
10. Городецкий А. С., Батрак Л. Г., Городецкий Д. А., Лазнюк М. В., Юсипенко С. В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. Киев : Факт, 2004. 106 с.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov@kgasu.ru**Nurieva Daniya Mansurovna**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: danm_n@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Shakirov Ildus Fatihovich

general director

E-mail: fsrshakirov@mail.ru**LLC «Fundamentalspecremont»**

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Gvardeiskaya st., 56

The researches of the stress-strain state of the multi-storey administrative building frame with taking into account the pile foundations uneven deformation**Abstract**

Problem statement. The researches purpose is to evaluate bearing capacity of the building frame system and plate-pile foundation with taking into account the deviations in the building constructions from the design parameters and the pile base deformation.

Results. Identified the main stress-strain state change regularities in the stress-strain state of the system elements «pile-base – plate grillage – multi-storey reinforced concrete frame» due to uneven deformation of pile groundbase.

Conclusions. The obtained results for construction industry significance consists in determining the existing deviations influence from the design parameters on the building constructions, groundbases and foundations bearing capacity. The researches results can be used in the reconstruction projects development for buildings with a significant load increase on the existing load-bearing constructions and groundbases.

Keywords: groundbase, pile-plate foundation, bored pile, bearing capacity, monolithic frame.

References

1. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // *Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov*. 2011. № 4. P. 16–23.
2. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
3. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
4. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading: Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017, September. P. 2599–2602.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram : Proc. intern.

- symp. SPb. Russian Federation – ACUUS 2016 – 15th International Scientific Conference ‘Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development’. Vol. 165, 2016. P. 519–527.
7. Strahov D. E. The study of the impact of emergency factors on the spatial framework of the building // *Innovatsionnaya nauka*. 2016. № 11-2. P. 67–70.
 8. Galiullin R. R., Izotov V. S., Nurieva D. M. Application of the results of numerical studies to assess the dynamic characteristics of a building with a reinforced concrete frame // *Actual problems of the development of science. Collection of articles of the international scientific-practical conference*. Ufa : Bashkir State University, 2014. P. 32–38.
 9. Gorodetsky A. S., Evzerov I. D. *Computer models of structures*. Kiev : Fact, 2005. 344 p.
 10. Gorodetsky A. S., Batrak L. G., Gorodetsky D. A., Laznyuk M. V., Yusipenko S. V. *Calculation and design of structures of high-rise buildings from monolithic reinforced concrete*. Kiev : Fact, 2004. 106 p.

УДК 624.152.6

Сафин Даниль Ринафович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: d.safin@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Зайнуллин Рамиль Тагирович

инженер-проектировщик

E-mail: zrt@mail.ru

ООО «Навек»

Адрес организации: 420036, Россия, г. Казань, ул. Тэцевская, д. 2

Исследование несущей способности и деформативности грунтовых пригрузочных берм

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – оценка несущей способности и деформативности грунтовых пригрузочных берм, обеспечивающих устойчивость ограждающих конструкций глубоких котлованов в процессе поэтапной экскавации грунта. В нормативных источниках отсутствуют методики их расчета, а имеющиеся подходы базируются на применении различных коэффициентов запаса, учитывающих уменьшение пассивного давления со стороны котлована при устройстве пригрузочных берм.

Результаты. Основные результаты исследования получены в виде новых экспериментальных данных по работе грунтовых пригрузочных берм. Предложены определенные подходы к определению пассивного давления со стороны пригрузочных берм.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что полученные данные будут способствовать более грамотному подбору размеров грунтовых пригрузочных берм при проектировании глубоких котлованов. Приведенные подходы к учету пассивного давления могут быть использованы при расчетах.

Ключевые слова: грунт, грунтовая берма, ограждающая конструкция, пассивное давление, активное давление.

Введение

При проектировании глубоких котлованов, особенно в условиях стесненной городской застройки, при наличии в непосредственной близости существующих зданий и сооружений, возникают сложности при обеспечении устойчивости ограждающих конструкций котлована в период разработки грунта. В ряде случаев, когда использование распорных систем или грунтовых анкеров бывает экономически нецелесообразным, а иногда просто нереализуемым, для временного обеспечения устойчивости ограждающих конструкций котлована за счет пассивного давления по периметру стены оставляют пригрузочные грунтовые бермы [1-4]. Однако на сегодняшний день, несмотря на имеющиеся немногочисленные экспериментально-теоретические исследования в данной области, отсутствуют общепризнанные механизмы разрушения грунтовых пригрузочных берм, в нормативных документах не приводятся методики расчета их несущей способности и деформативности. Имеющиеся инженерные подходы в расчетах базируются на применении различных коэффициентов запаса, учитывающих уменьшение пассивного давления со стороны котлована при устройстве пригрузочных берм. В связи с этим авторами статьи в лаборатории кафедры ОФДС и ИГ КГАСУ в объемных лотках были проведены экспериментальные исследования грунтовых пригрузочных берм на разных этапах экскавации грунта из котлована.

Экспериментальные исследования в объемных лотках

Экспериментальные исследования проводились в металлическом лотке с размерами сторон 1 м. В качестве ограждающей конструкции котлована был выбран стальной горячекатаный лист толщиной 1,5 мм. Данные параметры ограждающей стенки были

обусловлены стремлением к созданию относительно гибкой конструкции, которая позволит проследить за качественной картиной деформации изгиба ограждающей стенки и пригрузочной грунтовой бермы по высоте. В качестве грунта засыпки использовался песок мелкий с углом внутреннего трения $\varphi = 32^\circ$. При засыпке грунта добивались плотности $\gamma = 15 \text{ кН/м}^3$. Влажность песка в разных экспериментах составило $1,55 \div 1,8 \%$. Со стороны грунтовой бермы на стальной лист были закреплены датчики давления грунта (D) с шагом 150 мм, которые позволяли оценивать давление, передаваемое на берму (рис. 1-2). В качестве материала грунтовой пригрузочной бермы использовались:

- серия 1 – аналогичный грунту засыпки песок мелкий со значением удельного сцепления $c = 0,5 \text{ кПа}$, угла внутреннего трения $\varphi = 32^\circ$ (12 образцов);
- серия 2 – супесь со значением удельного сцепления $c = 5 \text{ кПа}$, угла внутреннего трения $\varphi = 20^\circ$ (3 образца);
- серия 3 – суглинок со значением удельного сцепления $c = 20 \text{ кПа}$, угла внутреннего трения $\varphi = 15^\circ$ (3 образца).

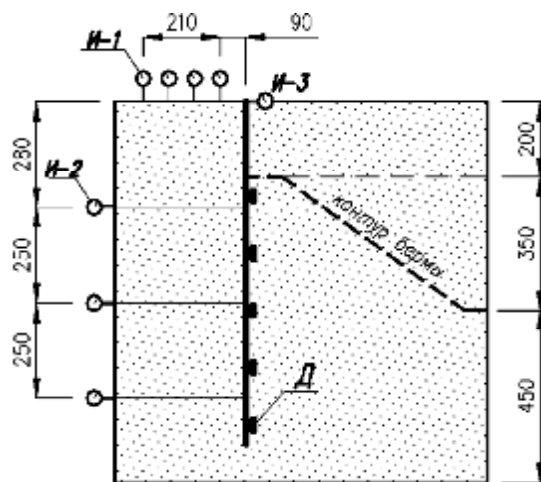


Рис. 1. Схема расположения датчиков и индикаторов (иллюстрация авторов)

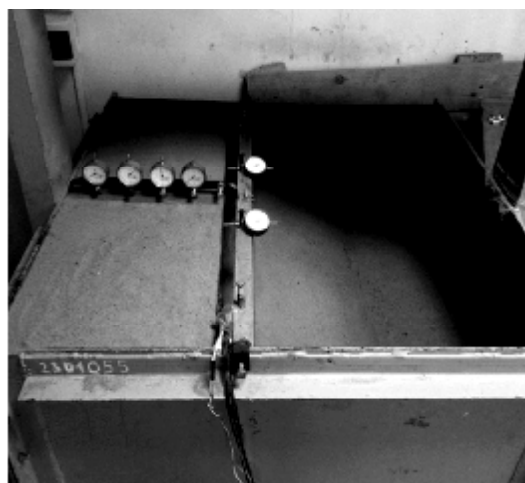


Рис. 2. Иллюстрация макета ограждающей конструкции и грунтовой пригрузочной бермы (иллюстрация авторов)

Датчики давления грунта, представленные на рис. 3, изготавливались из пластика по технологии трехмерной печати. Размеры датчиков были подобраны таким образом, чтобы эквивалентный модуль конструкции был на порядок выше модуля деформации грунта. Основным рабочим элементом датчиков давления грунта является плоская мембрана толщиной 0,2 мм, на поверхность которой наклеивается тензорезистор базой 20 мм. Показания тензорезисторов считывались автоматическим измерителем деформаций. Датчики предварительно тарировались на испытательном стенде при различных давлениях, создаваемых толщей грунта. Процесс тарировки представлял многократный цикл нагружения и разгружения.

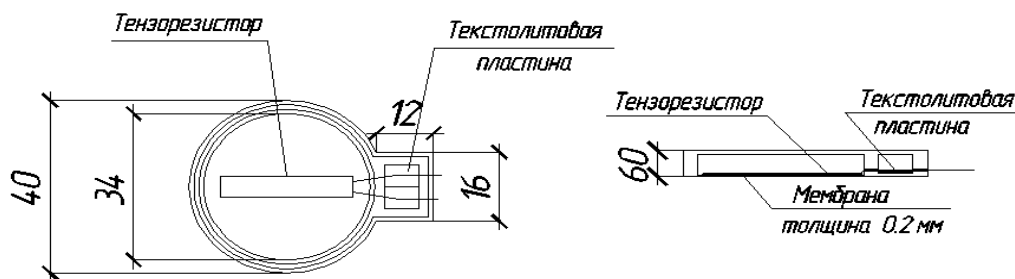


Рис. 3. Конструкция датчика давления грунта (иллюстрация авторов)

Вертикальные деформации поверхности грунта измерялись индикаторами часового типа (группа датчиков *И-1*), закрепленными на жесткой металлической раме. Для измерения перемещений стенки по высоте использовались так же индикаторы часового типа (группа датчиков *И-2*), соединяемые со стенкой алюминиевыми стержнями, заложенными в массиве грунта. Отклонение верха стенки измеряется группой датчиков *И-3*. Заполнение лотка грунтом производилось с послойным уплотнением, с контролем плотности путем отбора проб и взвешиваний.

Эксперименты проводились в несколько этапов:

I Этап. Откопка грунта на глубину до 20 см по всей площади массива перед стенкой;

II Этап. Откопка грунта на глубину до 550 см (с устройством грунтовой пригрузочной бермы вдоль ограждающей конструкции). Угол заложения бермы принимался равным углу внутреннего трения грунта, а общие размеры – из опыта проектирования [1-4];

III Этап. Приложение дополнительной распределенной нагрузки на поверхность грунта за стенкой величиной до $1,4 \text{ кПа}$. Нагрузка прикладывалась с целью доведения грунтовой бермы до разрушения.

Схема и иллюстрация испытательного лотка и грунтовой бермы с установленной системой контрольно-измерительных приборов представлена на рис. 4.

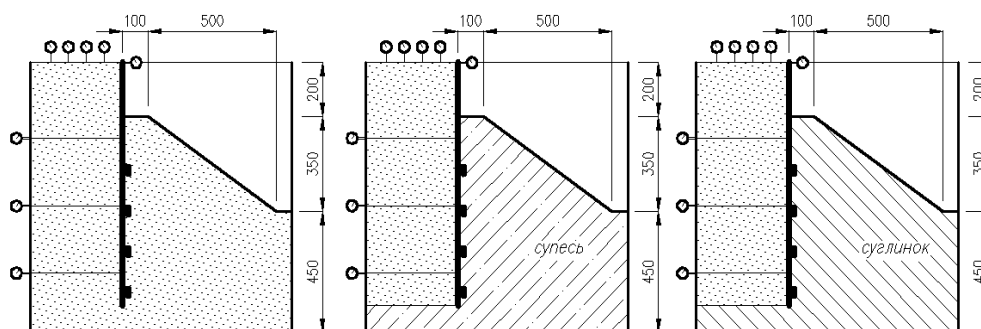


Рис. 4. Схемы грунтовой пригрузочной бермы для 3-х серий экспериментов (иллюстрация авторов)

На каждом этапе измерялись перемещения ограждающей конструкции, вертикальные деформации поверхности грунта и давление стенки на грунтовую берму. Все измерения проводились поверенными приборами и инструментами. Для исключения трения между частицами грунта и металлическим листом использовалась полиэтиленовая пленка. На протяжении всего эксперимента велась фотофиксация поверхности бермы и грунта за стенкой для изучения трещин и сдвиговых деформаций. Каждый последующий этап начинался после стабилизации деформаций. На рис. 5 приведены осредненные значения результатов по сериям экспериментов, проведенных по вышеприведенной методике.

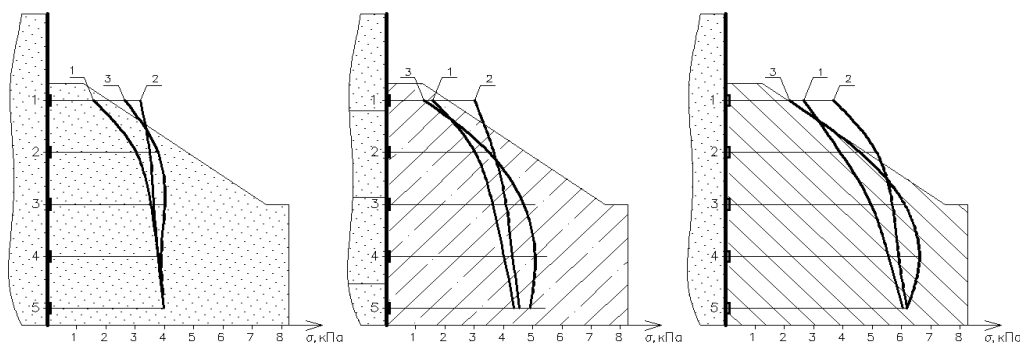


Рис. 5. Показания датчиков давления грунта: 1 – на I этапе; 2 – на II этапе; 3 – на III этапе (иллюстрация авторов)

Анализ полученных экспериментальных данных

Как видно на графике показаний датчиков давления грунта (рис. 4а), на уровне 5-го датчика на глубине 85 см, давление стенки на грунт со стороны грунтовой бермы не изменяется, находится не более величины активного давления грунта за стенкой и представляет собой реактивный отпор грунта. На глубине 40-70 см (уровень датчиков 2-4) на протяжении всех этапов проведения эксперимента давление возрастает на величину от 4,2 кПа до 7,2 кПа. Однако, на уровне между 1-м и 2-м датчиками, примерно на глубину до 13-28 см от поверхности бермы, давление стенки на берму возрастает до определенной величины, а далее начинает падать. Указанное явление может свидетельствовать о достижении предельного значения сопротивления грунта [5-8] бермы на данном уровне. Перемещения ограждающей конструкции на данной глубине достигают 12 мм. Далее давление грунта на стенку перераспределяется на участки бермы ниже по глубине с большей несущей способностью. Ниже отметки – 35 см давление на берму возрастает на всем протяжении эксперимента, что свидетельствует о том, что предел несущей способности грунта [8, 9] еще не достигнут, и берма может воспринимать передаваемое ограждающей конструкцией давление, несмотря на то, что горизонтальные деформации уже достигают порядка 5 мм. На рис. 6 показаны графики осредненных значений горизонтальных перемещений ограждающей конструкции по глубине и осадок поверхности грунта перед стенкой на последнем этапе нагружения (III этап) по показаниям группы датчиков И-1, И-2, И-3. Максимальные значения осадок поверхности грунта за стенкой в непосредственной близости от стены составляют около 0,65 от величины перемещений верха стенки.

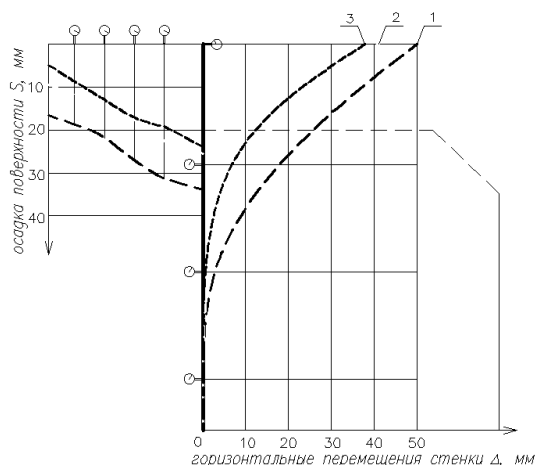


Рис. 6. Горизонтальные перемещения ограждающей конструкции по глубине и осадка поверхности грунта перед стенкой:
1 – для 1-й серии; 2 – для 2-й серии; 3 – для 3-й серии (иллюстрация авторов)

Как было выявлено некоторыми исследователями [10], распределение активного давления грунта на подпорные стенки напрямую зависят от перемещений самой стенки. Т.е. недостаточно рассматривать взаимодействие стенки с грунтом лишь по контактной грани, необходимо совместно рассматривать сдвиги грунта в самой засыпке за стенкой и деформации грунта пригрузочной бермы. Перемещения стенки способны вызывать резкое уменьшение бокового давления грунта на стенку. На начальном этапе, когда перемещения стенки еще не превосходят величину, равную диаметру преобладающих частиц грунта, возникают сдвиги частиц, в некоторой области в пределах призмы обрушения наступает предельное равновесие, и для этого этапа значение активного давления грунта будет практически совпадать со значениями, определенными по классической теории предельного равновесия. При дальнейших перемещениях стенки будет наблюдаться резкое уменьшение активного давления. На разных этапах разработки грунта (I, II, III этапы) указанные состояния массива возникают поочередно. На первом этапе разработки грунта (на глубину 20 см) активное давление начинает расти, однако после получения стенкой определенных перемещений, давление резко падает, что

соответствует моменту достижения несущей способности бермы на соответствующей глубине. В дальнейшем, происходит равномерный сдвиг с образованием призмы обрушения и вновь на стенку начинает действовать в полной мере активное давление. При разработке грунта на II-ом этапе (с устройством грунтовой бермы) и на этапе дополнительного нагружения указанные выше процессы поочередно повторяются. Для каждого этапа разработки грунта образуется своя область сползания, напоминающая по форме клин, причем для каждого этапа размеры этого клина будут разные. В плане границы призм обрушения за стенкой напоминают форму ступенчатого сброса. Как показали наблюдения за проведением экспериментов, моменты уменьшения активного давления на стенку на разных этапах практически совпадают с моментом уменьшения пассивного давления со стороны пригрузочной бермы на определенной глубине. На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что разрушение грунтовой пригрузочной бермы происходит с одновременным уменьшением пассивного давления со стороны пригрузочной бермы и активного давления за стенкой. Т.е. смещения ограждающей конструкции, вызванные сдвиговыми деформациями внутри грунтовой бермы на разных глубинах, сопровождаются временным уменьшением активного давления по контакту стены и грунта за стенкой.

Рекомендации по определению пассивного давления со стороны пригрузочной бермы

При определении несущей способности бермы предполагается использовать аналитические зависимости по определению пассивного давления грунта за стенкой, с уменьшением его величины исходя из размеров и конструкции грунтовой пригрузочной бермы.

Для учета пассивного давления со стороны пригрузочной грунтовой бермы в инженерных расчетах рекомендуется массив грунта по глубине разделить на 3 расчетные участки (рис. 7):

– для участка т. 0 ÷ т. 1 рекомендуется принимать полное значение пассивного давления от массива грунта;

– для участков т. 1 ÷ т. 2 и участка ниже т. 2 действительное пассивное давление со стороны пригрузочной грунтовой бермы рекомендуется принимать как разность $\sigma_p - \sigma_p'$:

где σ_p – полное значение пассивного давления, из предположения, что поверхность грунта проходит по плоскости А-В (т.е. без учета конструкции бермы);

σ_p' – величина уменьшения пассивного давления за счет заключенного в призму ABC отсутствующего массива грунта.

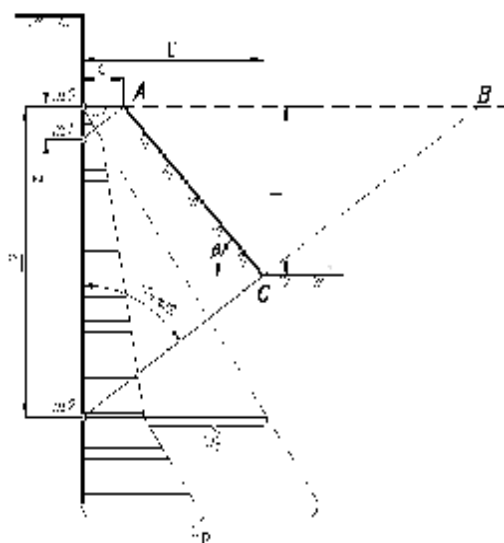


Рис. 7. Эпюра действительного пассивного давления от грунтовой пригрузочной бермы (иллюстрация авторов)

Длину расчетных участков по глубине массива необходимо определять из предположения, что поверхности скольжения призм выпирания, выходящие из точек А и С, наклонены к вертикали под углом $\pi/4 + \varphi/2$:

$$z_1 = a \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right), \quad (1)$$

$$z_2 = h + b \cdot \cot\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right). \quad (2)$$

В характерных точках по глубине ограждающей конструкции значения пассивного давления могут быть определены по классической теории:

– в т. 1:

$$\sigma_p^1 = \gamma \cdot z_1 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right); \quad (3)$$

– в т. 2, с учетом функции $\kappa = f(c, \varphi, \beta)$, учитывающей уменьшение пассивного давления грунта в связи с устройством грунтовой бермы:

$$\sigma_p^2 = \left[\gamma \cdot z_2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \right] \cdot \kappa. \quad (4)$$

Ниже т. 2 по глубине значение фактического пассивного давления может быть определено за вычетом из полного значения пассивного давления, вычисленного на момент до устройства грунтовой бермы, величины σ_p' .

Заключение

Данные, полученные в результате экспериментальных исследований, позволили выявить и оценить характер деформирования и механизм разрушения грунтовых пригрузочных берм. Возникающие при устройстве грунтовых пригрузочных берм этапы разработки грунта приводят к образованию отдельных ступенчатых призм обрушения грунтового массива за стенкой, величина которых зависят от геометрических и прочностных параметров грунтовой пригрузочной бермы. В общем случае разрушение грунтовой пригрузочной бермы происходит с одновременным уменьшением активного давления за стенкой и пассивного давления со стороны пригрузочной бермы. По результатам анализа полученных экспериментальных данных, для использования в практических расчетах значение функции $\kappa = f(c, \varphi, \beta)$ рекомендуется принимать в пределах: для несвязного грунта (песок) – $\kappa = 0,5$; для супесей – $\kappa = 0,6$; для суглинков – $\kappa = 0,7$.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И. Т., Хасанов Р. Р., Сафин Д. Р. Проектирование ограждающей конструкции глубокого котлована при реконструкции здания Шамовской больницы г. Казани // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 1 (54). С. 89–98.
2. Мирсаяпов И. Т., Хасанов Р. Р., Сафин Д. Р. Ограждающая конструкция котлована и конструкции, обеспечивающие устойчивость ограждения здания Шамовской больницы (1908 г., арх. К.С. Олешкевич). Казань, 2015. 68 с.
3. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : АСВ, 2014. 728 с.
4. Сорочан Е. А., Трофименкова Ю. Г., Горбунов-Посадов М. И., Ильичев В. А., Крутов В. И. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М. : Стройиздат, 1985. 480 с.
5. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2011. № 4. С. 16–23.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
7. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.

8. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
9. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017-September, P. 2599–2602.
10. Цытович Н. А. Механика грунтов. М. : Высшая Школа, 1983. 288 с.

Safin Danil Rinafovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: d.safin@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Zaynullin Ramil Tagirovich

engineer-designer

E-mail: zrt@mail.ru

LLC «Navek»

The organization address: 420036, Russia, Kazan, Tetsevsкая st., 2

Research of bearing capacity and deformability of ground ballast berms**Abstract**

Problem statement. The aim of the study was the evaluation of bearing capacity and deformability of ground ballast berms that provide resistance of enclosing structures of deep excavations in the gradual process of excavation. In the normative literature, there is no methodology of their measurement and existing approaches are based on the use of different safety factors, taking into account the reduction of passive pressure from the side of the pit when the device ballast berms.

Results. Main results of the research obtained in the form of new experimental data on the work of the ballast ground berms. Propose some approaches to the definition of passive pressure from the ballast berms.

Conclusion. The significance of the results for the construction industry is that the data obtained will contribute to more competent selection of sizes ballast ground berms in the design of deep excavations. Approaches to the accounting for passive pressure can be used in the calculations.

Keywords: soil, ground berm, protecting design, passive pressure, active pressure.

References

1. Mirsayapov I. T., Khasanov R. R., Safin D. R. Designing an enclosing structure of deep underground pit at the reconstruction of the Shamovskiy hospital in the city of Kazan // Vestnik grajdanskih ingenerov. 2016. № 1 (54). P. 89–98.
2. Mirsayapov I. T., Khasanov R. R., Safin D. R. Walling excavation and construction of the sustainability of the building fences Shamovskoy Hospital (1908, Arch. K.S. Oleshkevich). Kazan, 2015. 68 p.
3. Ilyichev V. A., Mangushev R. A. Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures. M. : ASV, 2014. 728 p.
4. Sorochan E. A., Trofimenkov Y. G., Gorbunov-Posadov M. I., Ilichev V. A., Krutov V. I. Bases, foundations and underground structures. M. : Stroyizdat, 1985. 480 p.
5. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov. 2011. № 4. P. 16–23.
6. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp.,

- Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
7. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.
 8. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
 9. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017-September. P. 2599–2602.
 10. Tsytovich N. A. Soil Mechanics. M. : Vysshaia shkola, 1983. 288 p.



УДК 621.6

Осипова Лилия Эдуардовна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: osipovalilija@mail.ru

Варсегова Евгения Владиславовна

кандидат физико-математических наук, доцент

E-mail: evarsegova@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Варсегов Александр Владиславович

инженер

E-mail: alexandervav@mail.ru

ОАО «Газпром трансгаз Казань»

Адрес организации: 420073, Россия, г. Казань, ул. А. Кутуя, д. 41

К расчету распространения поражающих факторов аварий на газопроводах

Аннотация

Постановка задачи. В Российской Федерации единая система газоснабжения с диаметром трубопроводов до 2,6 м, которые в течение всего срока эксплуатации подвергаются значительным внутренним и внешним нагрузкам. Поскольку трассы магистральных газопроводов имеют в основном подземную прокладку, проходят по селитебным территориям, пересекают дороги или иные коммуникации, то возможные аварии с выбросом газа с последующим пожаром или взрывом могут привести к катастрофическим последствиям, как для окружающей среды, так и для населения. Расчет интенсивности истечения аварийных выбросов газа и определение зон возможного разлета фрагментов трубы и грунта необходим при расследовании аварии и разработке документов, связанных с безопасностью эксплуатации трубопроводного транспорта, а так же при определении размера компенсационных выплат.

Результаты. Для участка газопровода высокого давления с диаметром $d = 1420$ мм, рабочим давлением $P_{\text{нат}} = 7,5$ МПа и протяженностью $L = 120$ км рассчитан график суммарной динамики истечения газа (разрыв газопровода – гильотинный, на полное сечение) и определено время полного опорожнения. Определены размеры зон (на поверхности земли) разлета обломков трубы и фрагментов грунта.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что они позволяют оценить масштабы возможной аварии уже на стадии проектирования. Найденное пространственное распределение параметров разлета обломков трубы и фрагментов грунта (дальность, высота и время) дает возможность провести оценку последствия ударных воздействий.

Ключевые слова: авария, газопровод, разгерметизация, интенсивность истечения, ударное воздействие.

Введение

Известны работы, в которых рассмотрены методы поддержания эксплуатационной безопасности магистральных газопроводов (МГ) [1-3]. Оптимизация трассировки газовых сетей не только снижает потребление газа, но и повышает безаварийную эксплуатацию газопроводов уже на стадии проектирования [4]. Расчет распространения поражающих факторов аварий на газопроводах позволяет оценить с достаточной долей вероятности возможные зоны поражения и масштабы последствий аварии [5-8].

При оценке последствий возможной аварии в первую очередь рассчитывают интенсивность истечения газа из разрыва трубопровода. Основными параметрами, которые влияют на интенсивность истечения, являются внутренний диаметр газопровода, фактическое доаварийное давление газа в точке разрыва, местоположение точки разрыва и время отсечения аварийных участков. Время отсечения определяется уровнем автоматизации средств технологического контроля и управления. Если операторы с

помощью средств дистанционного контроля перекрывают задвижки газопровода, то время отсечения зависит от алгоритма идентификации факта аварии и реакции диспетчера. Если сработала автоматическая защита газопровода при возникновении аварийной ситуации, то время отсечения минимальное.

Расчет поражающих факторов рекомендует проводить ПАО «Газпром» по методике СТО Газпром 2-2.3-351-2009, где определены методические подходы, термины и определения, а также процедуры и требования к оформлению результатов количественного анализа техногенного риска, обусловленного авариями и инцидентами на опасных производственных объектах транспорта газа и газового конденсата, подземных хранилищ газа. Расчет интенсивности истечения при аварийной разгерметизации газопровода требует строгого определения характеристик транспортируемого газа. В работе [9] приведен расчет параметров природного газа в зависимости от температуры и давления, которые были приняты в дальнейшем при проведении расчета массы аварийного выброса газа.

Постановка задачи

Смоделирован разрыв участка газопровода – «гильотинный», на полное сечение (рис. 1). Разрыв делит газопровод на два аварийных участка L_1 и L_2 , для каждого участка рассчитывается массовый расход газа $G_1(t)$ и $G_2(t)$.

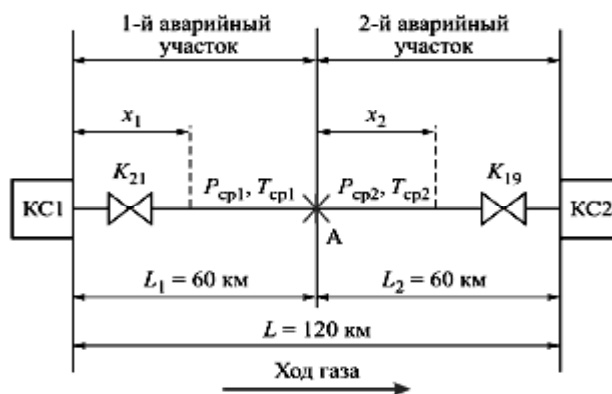


Рис. 1. Расчетная схема газопровода [9]

График суммарной динамики истечения газа

Согласно методическим указаниям СТО Газпром 2-2.3-351-2009 проведен расчет расход газа. Динамика суммарного истечения газа из двух концов трубопровода, представлена на рис. 2. Результаты расчета приведены в табл. 1.

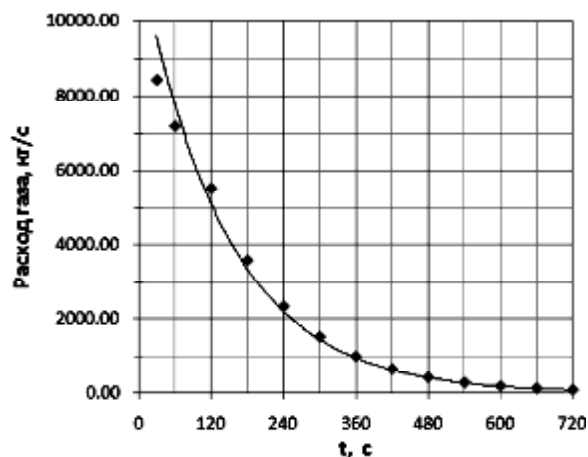


Рис. 2. Динамика суммарного истечения газа из двух концов газопровода (иллюстрация авторов)

Таблица 1

Исходные данные:			
Коэффициент гидравлического сопротивления	λ	0,0115	
Диаметр трубопровода, мм	d_0	1400	
Длина трубопровода, км	L	120	
Протяженность аварийных участков, км	L_1, L_2	60	
Температура природного газа в трубопроводе, К	$T_{гг}$	281,7	
Давление нагнетания, МПа	$P_{наг}$	7,5	
Давление в конце трубопровода, МПа	$P_{вс}$	5,1	
Производительность газопровода, м ³ ·10 ⁹ /год	Q	30	
Плотность природного газа, кг/м ³	$\rho_{гг}$	0,679	
Время закрытия линейных кранов, сек	$t_{л}$	120	
Показатель адиабаты природного газа	k	1,385	
Расстояние от компрессорной станции (КС) до середины аварийных участков, км	$x_1 = x_2$	10	
Результаты расчета:		первый участок	второй участок
Давление в момент аварии в точке разрыва газопровода, МПа	P_0	6,41	
Масса газа, которая нагнетается в аварийный участок газопровода до момента отсечения, кг	$M_{КС}$	82800,0	
Масса газа, находящаяся в аварийном участке газопровода до аварии, кг	M_r	4186732,7	4021123,7
Масса газа, истекающего в адиабатическом режиме, кг	$M_{и}$	341744,3	328227,4
Начальный критический массовый расход газа, кг/с	G_0	17774,1	17774,1
Параметр	η_L	0,23	0,22
Постоянная времени, с	ε_L	2038,7	2038,7
Скорость звука в газе до разрыва, м/с	a_0	445,7	445,7
Масса газа, выброшенного из аварийной секции на первом этапе истечения, кг	M_1	448055,2	439980,4
Расход газа на момент закрытия линейного крана, кг/с	$G(t_{л})$	2821,1	2697,6
Постоянная времени, с	ε_x	138,7	138,7
Расход газа после перекрытия линейного участка ($t - t_{л} = 60$ сек), кг/с	$G(t)$	1830,3	1750,2
Масса газа, выброшенного из аварийной секции на втором этапе истечения, кг	M_2	391250,9	374129,1
Полная масса газа, кг	M	839306,6	814109,5

Расчет разлета фрагментов грунта и осколков трубы

При разрыве подземного газопровода количество образующихся фрагментов грунта и осколков трубы, их форма и направление полета являются величинами случайными. Принято считать, что направления движения осколков равновероятны, рассеивание осколков по площади зависит только от расстояния от места разрыва газопровода, а зона возможного поражения на поверхности земли имеет форму круга. Согласно методическим указаниям СТО Газпром 2-2.3-351-2009 проведен расчет разлета фрагментов грунта и осколков трубы.

Предполагается, что часть потенциальной энергии сжатого газа расходуется на фрагментацию оболочки трубы и слоя грунта, и приобретение ими начальной скорости. В дальнейшем рассчитывается динамика движения этих фрагментов в воздухе, и определяются размеры зон (на поверхности земли) их разлета.

Закон сохранения энергии на единицу длины траншеи имеет вид:

$$\frac{M_{\text{грунта}} \times v_0^2}{2} = h \times A_r \times M_r, \quad (1)$$

где M_r – масса сжатого газа для единичной длины газопровода, кг/м; A_r – работа расширения единицы массы газа в предположении адиабатического процесса, Дж/кг; $M_{\text{грунта}}$ – масса метаемого грунта, кг/м; v_0 – скорость метаемой массы грунта, м/с.

От общей энергии взрыва конденсированного взрывчатого вещества на образование воронки расходуется значительная часть η энергии взрыва: $\sim 20\%$ – для плотных суглинков и глин, до $30\div 35\%$ – для средних грунтов. В расчетах следует принимать значение (консервативная оценка) $\eta = 0,35$.

Уравнение для $M_{\text{грунта}}$ имеет вид:

$$M_{\text{грунта}} = \rho_{\text{гр}} \times \left((H + DH)^2 \text{tg} j - \rho R_0^2 - (DH - R_0)^2 \text{tg} j \right) \frac{\dot{U}}{g}, \quad (2)$$

$$DH = \frac{R_0}{\sin j}, \quad (3)$$

$$M_{\text{г}} = r_{\text{г,тр}} \times \rho \times R_0^2, \quad (4)$$

$$r_{\text{г,тр}} = m_{\text{пр}} \frac{P_{\text{тр}}}{R_{\text{г}} \times T_{\text{пр}} \times Z_{\text{с}}}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{гр}}$ – плотность грунта, кг/м^3 ; $\rho_{\text{г,тр}}$ – плотность природного газа в трубопроводе, кг/м^3 .

Для адиабатического расширения значение удельной потенциальной энергии сжатого газа определяют по формуле:

$$A_{\text{г}} = \frac{DP}{r_{\text{г,тр}}(k-1)} \frac{\dot{U}}{\dot{U}} - DP^{\frac{k-1}{k}} \frac{\dot{U}}{\dot{U}}, \quad (6)$$

$$\Delta P = P_{\text{тр}} - P_{\text{с}}. \quad (7)$$

Из уравнения (1) определяется скорость выбрасываемых фрагментов оболочки трубы, которая по принятому приближению совпадает со скоростью метаемой массой грунта v_0 .

После выброса из траншеи фрагменты трубы и грунта продолжают свое движение в атмосфере. Уравнения движения фрагментов грунта и оболочки трубы в воздухе задаются системой уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= v, \\ m_0 \frac{dv}{dt} &= -\frac{1}{2} l_{\phi}^2 c_x r_{\text{в}} \sqrt{v^2 + w^2} \times v - m_0 g, \\ \frac{dx}{dt} &= w, \\ m_0 \frac{dw}{dt} &= -\frac{1}{2} l_{\phi}^2 c_x r_{\text{в}} \sqrt{v^2 + w^2} \times w, \end{aligned} \quad (8)$$

где y, v – вертикальные значения расстояния и скорости; x, w – горизонтальные значения расстояния и скорости; l_{ϕ}, l_x, l_y, l_z – эффективный и характерные размеры фрагмента по трем ортогональным осям; c_x – коэффициент сопротивления фрагмента в воздухе (для плохо обтекаемого тела $c_x = 0,2$); $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха:

$$l_{\phi} = \sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}, \quad (9)$$

$$l_x = \delta_{\text{тр}}, \quad (10)$$

$$l_y = \pi \cdot D_0, \quad (11)$$

$$l_z = \frac{L_{\text{разр}}}{n_{\text{оск}}}, \quad (12)$$

где $\delta_{\text{тр}}$ – толщина стенки, м; $n_{\text{оск}}$ – общее количество одинаковых осколков, образующихся при разрушении МГ (рекомендуемое значение $n_{\text{оск}} = 3\div 5$).

Масса фрагмента трубы эффективного размера l_{ϕ} :

$$m_0 = r_{\text{тр}} l_{\phi}^3, \quad (13)$$

где $\rho_{\text{тр}}$ – плотность оболочки трубы, кг/м^3 .

Уравнения для скорости системы (8) примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -\frac{c_x}{2l_{\phi}^2} \frac{r_{\text{в}}}{r_{\phi}} \sqrt{v^2 + w^2} \times v - g, \\ \frac{dw}{dt} &= -\frac{c_x}{2l_{\phi}^2} \frac{r_{\text{в}}}{r_{\phi}} \sqrt{v^2 + w^2} \times w, \end{aligned} \quad (14)$$

где ρ_{ϕ} – плотность фрагмента трубы или грунта, кг/м^3 .

Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные:				
Давление природного газа в газопроводе, МПа	$P_{тр}$	7,5		
Атмосферное давление, кПа	P_c	101,3		
Диаметр газопровода, мм	D_0	1400		
Толщина стенки газопровода, мм	$\delta_{тр}$	21,5		
Плотность природного газа, кг/м ³	$\rho_{пг}$	0,679		
Плотность грунта, кг/м ³	$\rho_{грунта}$	2000		
Плотность материала оболочки трубы, кг/м ³	$\rho_{тр}$	7800		
Показатель адиабаты природного газа	k	1,385		
Длина разрыва, м	$L_{разр}$	10		
Число осколков	$n_{оск}$			
Расстояние от оси газопровода до поверхности грунта, м	H	1,0		
Результаты расчета:				
	H/R	2,43		
Плотность газа в газопроводе, кг/м ³	$\rho_{г, тр}$	51,93		
Разность давлений, Па	ΔP	7398700		
Работа расширения, Дж/кг	A_r	462528,75		
	j	30	45	60
	DH	1,40	0,99	0,81
Масса грунта, кг	$M_{грунта}$	9705	11226	13775
Начальная скорость метания грунта (фрагмента трубы), м/с	v_0	58,94	48,02	37,23

Уравнения для скорости движения фрагментов грунта и оболочки трубы в воздухе задаются линейной системой дифференциальных уравнений (14), которая была решена численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

На рис. 3-4 представлены найденные графические зависимости вертикальных и горизонтальных составляющих скорости от времени полета фрагмента трубы и грунта при угле раскрытия $\varphi = 30^\circ$.

Зная зависимости составляющих скоростей, численным интегрированием находятся зависимости от времени дальности полета и высоты подъема вылетевшего фрагмента трубы (грунта):

$$\begin{aligned} x(t) &= \int_0^t v(t) dt, \\ y(t) &= \int_0^t v(t) dt. \end{aligned} \quad (15)$$

Графические зависимости дальности полета, высоты подъема и времени полета фрагмента трубы и грунта при этом же угле раскрытия $\varphi = 30^\circ$ приведены на рис. 5-6.

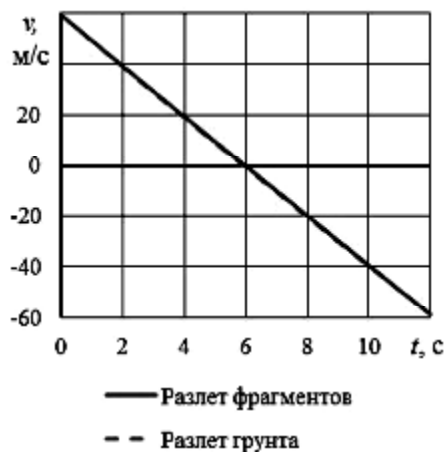
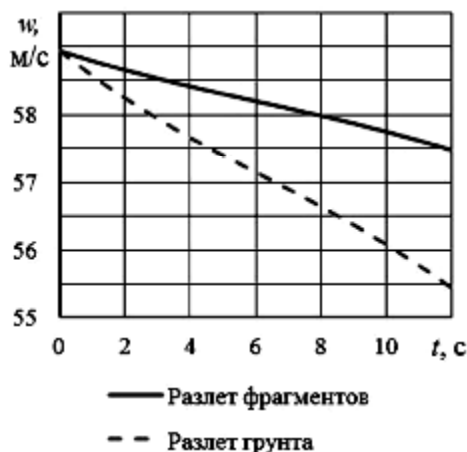


Рис. 3. Зависимость от времени вертикальных составляющих скорости (иллюстрация авторов)

Рис. 4. Зависимость от времени горизонтальных составляющих скорости (иллюстрация авторов)

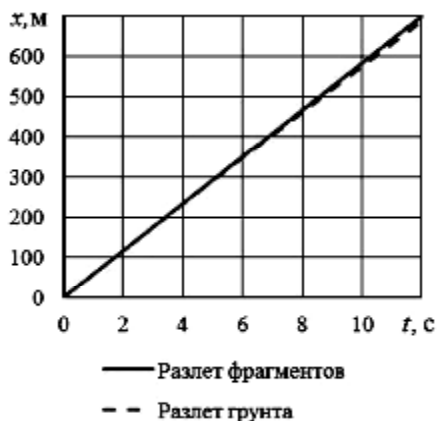


Рис. 5. Зависимость дальности разлета грунта (трубы) от времени (иллюстрация авторов)

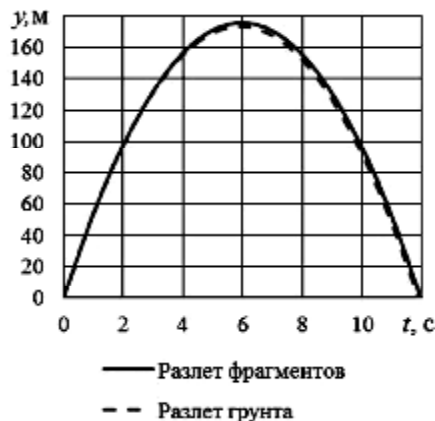


Рис. 6. Зависимость высоты разлета грунта (трубы) от времени (иллюстрация авторов)

Анализируя рис. 3-6 можно сделать следующие выводы:

- по осям x и y скорость имеет линейный характер;
- при начальной скорости метания грунта (фрагмента трубы) $v_0 = 58,94$ м/с примерно за 12 сек. фрагменты грунта (трубы) достигнут поверхности земли;
- за счет высокого давления транспортируемого природного газа и развиваемой скорости, после разрыва, фрагменты грунта (трубы) могут вылететь в атмосферу на достаточно большие расстояния, так по оси x на 700 м и по оси y до 180 м.

Найденные значения позволяют получить пространственное распределение параметров разлета обломков и грунта (дальность, высота и время), что соответственно дает возможность провести оценку последствия ударных воздействий (рис. 7).

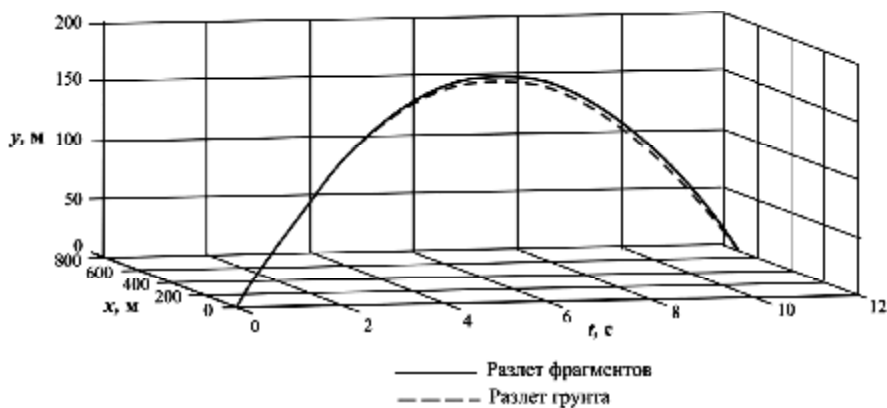


Рис. 7. Траектории разлета обломков и грунта при аварии (иллюстрация авторов)

Таблица 3

p_r	7,5 МПа		
H/R	2,43		
φ	30°	45°	60°
m	Фрагменты грунта		
1 г	171	147	117
1 кг	507	370	242
1 т	679	457	278
	Фрагменты оболочки		
1 г	292	237	174
1 кг	607	423	265
1 т	696	465	281

В табл. 3 приведены расчеты дальности разлета осколков для масс фрагментов от 1 грамма до 1000 кг в предположении, что фрагменты имеют компактную форму (линейные размеры по трем ортогональным осям фрагментов равны).

Заключение

Для принятия обоснованных инженерных и управленческих решений по безопасной эксплуатации газопроводов необходимо знать характеристики транспортируемого природного газа, разбираться в природе поражающих факторов возможной аварии, а инженерные расчеты позволяют проводить экспресс оценки возможной аварийной ситуации.

Список библиографических ссылок

1. Халлыев Н. Х., Усманов Р. Р., Чучкалов М. В., Велиюлин И. И. Методология поддержания, продления и обновления линейной части магистральных газопроводов – основа надежной и безопасной эксплуатации газотранспортной системы // Газовая промышленность. 2017. № 9 (757). С. 34–40.
2. Ямаева Э. Г., Фомина Е. Е. Разработка балльной оценки факторов влияния на безопасную эксплуатацию объектов газораспределения на этапе проектирования // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 1 (181). С. 18–23.
3. Шебеко Ю. Н., Гордиенко Д. М., Пономаренко А. А. и др. Оценка пожарного риска линейной части магистральных трубопроводов // Пожарная безопасность. 2010. № 4. С. 47–58.
4. Барышева О. Б., Садыков Р. А., Батюшков Н. Ю. Оптимизация трассировки газораспределительной сети низкого давления // Современное строительство и архитектура. 2016. № 3 (03). С. 25–28.
5. Рыбаков А. В., Замана К. Ю. Модель оценки зоны возможного поражения от разлета осколков фрагментов оборудования при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного характера на пожаровзрывоопасных объектах // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2015. № 4. С. 56–64.
6. Metropolo P., Brown A. Natural gas pipeline accident consequence analysis // Proc. Safety Prog. 2004. 23: doi: 10.1002 / prs.10054. P. 307–310.
7. Сафонов В. С., Ковалев С. А., Овчаров С. В., Мельников А. В. Оценка показателей безопасности и риска перспективных газопроводов высокого давления // Вестник РУДН. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2007. № 1. С. 54–62.
8. Rothwell B., Stephens M., Risk analysis of sweet natural gas pipelines: Benchmarking simple consequence models. In 2006 International Pipeline Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2006. P. 911–919.
9. Быков А. И. Определение средней температуры газа на аварийном участке магистрального газопровода // Пожарная безопасность. 2015. Т. 24, № 6. С. 43–50.

Osipova Liliya Eduardovna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: osipovalilija@mail.ru

Varsegova Evgeniya Vladislavovna

candidate of physical-mathematical sciences, associate professor

E-mail: evarsegova@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Varsegov Alexander Vladislavovich

engineer

E-mail: alexandervav@mail.ru

OJSC «Gazprom transgaz Kazan»

The organization address: 420073, Russia, Kazan, A. Kutuya st., 41

To the calculation of the distribution of damaging factors of accidents on gas pipelines

Abstract

Problem statement. In the Russian Federation, a unified gas supply system with a pipe diameter of up to 2,6 m, which is subjected to significant internal and external loads during the whole period of operation. Since the main gas pipeline routes are mainly underground, they pass through residential areas, cross roads or other communications, possible accidents with gas emissions followed by fire or explosion can lead to disastrous consequences both for the environment and for the population. The calculation of the intensity of the outflow of emergency gas emissions and the determination of zones of possible dispersion of pipe and soil fragments is necessary in the investigation of the accident and the development of documents related to the safety of operation of pipeline transport, as well as in determining the amount of compensation payments.

Results. For the section of the high pressure gas pipeline with a diameter of $d = 1420$ mm, a working pressure $P_{\text{нар}} = 7,5$ MPa and a length of $L = 120$ km, a graph of the total gas outflow dynamics was calculated (the gas pipeline was guillotine, for a full cross section) and the time for complete emptying was determined. The sizes of zones (on the surface of the earth) of scattering of pipe fragments and soil fragments have been determined.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that they allow us to estimate the scale of a possible accident already at the design stage. The found spatial distribution of the scattering parameters of pipe fragments and soil fragments (range, height and time) makes it possible to assess the impact of shock effects.

Keywords: accident, gas pipeline, depressurization, flow rate, shock effect.

References

1. Khallyev N. Kh., Usmanov R. R., Chuchkalov M. V., Veliyulin I. I. Methodology for the maintenance, renewal and renovation of the linear part of main gas pipelines is the foundation of reliable and safe operation of the gas transport system // *Gazovaya promishlennost*. 2017. № 9 (757). P. 34–40.
2. Yamaeva E. G., Fomina E. E. Development of scoring factors influencing the safe operation of the gas distribution in the design phase // *Bezopasnost zhiznedeyatelnosti*. 2016. № 1 (181). P. 18–23.
3. Shebeko Yu. N., Gordienko D. M., Ponomarenko A. A. Fire risk assessment of the linear part of trunk pipeline // *Pozharnaya bezopasnost*. 2010. № 4. P. 47–58.
4. Barysheva O. B., Sadykov R. A., Batyushkov N. Yu. Optimization of trace in gas distribution network of flow pressure // *Sovremennoe stroitelstvo i arkhitektura*. 2016. № 3 (03). P. 25–28.
5. Rybakov A. V., Zamana K. Yu. The model for assessing the area of possible damage from the fragmentation of fragments of equipment fragments in the event of man-made emergencies at fire and explosion hazard objects // *Nauchnye i obrazovatelnye problem grazhdanskoi zashchity*. 2015. № 4. P. 56–64.
6. Metropolo P., Brown A. Natural gas pipeline accident consequence analysis // *Proc. Safety Prog.* 2004. 23: doi: 10.1002 / prs.10054. P. 307–310.
7. Safonov V. S., Kovalev S. A., Ovcharov S. V., Melnikov A. V. Assessment of safety performance and risk of promising high-pressure gas pipelines // *Vestnik RUDN. Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti*. 2007. № 1. P. 54–62.
8. Rothwell B., Stephens M. Risk analysis of sweet natural gas pipelines: Benchmarking simple consequence models. In 2006 International Pipeline Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2006. P. 911–919.
9. Bykov A. I. Determination of the average gas temperature in the emergency section of the main pipeline // *Pozharnaya bezopasnost*. 2015. Vol. 24. № 6. P. 43–50.



УДК 628.315

Андреева Светлана Александровна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: saandreeva@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Хузиахметова Карина Рустамовна

инженер

E-mail: karina261996@mail.ru

ООО «ИтильСтройСервис»

Адрес организации: 420049, Россия, г. Казань, ул. Нурсултана Назарбаева, д. 10

Исследование процесса очистки сточных вод от растворимых пероксидных соединений производства стирола и оксида пропилена

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является изучение процесса разложения пероксидных соединений с наличием щелочных реагентов в составе сточных вод при производстве стирола и оксида пропилена, повышающих эффективность биodeградации стоков.

Результаты. На базе действующего нефтехимического предприятия изучены процессы разложения пероксидных соединений при добавлении щелочных реагентов в производственные сточные воды, изначально имеющих кислую реакцию среды. Установлено стабильное снижение концентрации пероксидов в сточных водах при предварительной химической очистке до подачи стоков на биоочистные установки

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в установлении необходимости применения химических методов очистки сточных вод, действующего нефтехимического предприятия, до подачи подготовленных стоков на биологическую очистку. Процесс разложения пероксидов в стоках определяется в большей степени щелочностью среды стоков. Разложение пероксидов в кислом стоке возможно путем его защелачивания концентрационное соотношение процесса разложения пероксидов составляет 1:1. Повышение температуры реакции разложения пероксидов до 100⁰С значительно повышает эффективность очистки.

Ключевые слова: сточные воды, пероксидные соединения, степень очистки, концентрация, химический состав.

Введение

Высокий уровень загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы объясняется растущими темпами производственных выбросов действующих промышленных предприятий. Для поддержания нормативного уровня возможного загрязнения окружающей среды необходимо широкое применение комплексных методов обработки и утилизации загрязняющих веществ на основе новых подходов к зарекомендовавшим себя способам и методам очистки [1-3].

Биохимическую очистку производственных сточных вод относят к числу наиболее эффективной, качественной и экологически безопасной. Однако, например, при производстве стирола и оксида пропилена, на многих действующих предприятиях применение биологических методов очистки сталкивается с определенными трудностями и сточные воды не подвергаются очистке, а направляются на сжигание. Такое решение является экологически опасным и экономически нецелесообразным [4-6].

Изучение применяемых на действующих производствах промышленных методов очистки сточных вод позволяет систематизировать возможности химических и биологических методов очистки за счет комплексного сочетания наиболее эффективных возможностей этих методов и разработки правильной технологической цепочки в сложившейся последовательности их применения.

Наличие пероксидов в сточных водах производства стирола и оксида пропилена препятствует отведению таких вод на систему биологической очистки предприятия в связи с отравляющим эффектом пероксидами при их взаимодействии с активным илом [7-9].

Актуальность проблемы повышения эффективности очистки промышленных сточных вод

Задача очистки сточных вод, спускаемых в водоемы химическими предприятиями часто сложно решать стереотипными методами по разным причинам:

- разнообразие компонентного состава и факторов образования химических загрязнителей;
- непостоянство и нестабильность стоков по химическому составу во времени;
- особенности технологических процессов, связанных с прохождением большого количества побочных реакций;
- необходимость использования дорогостоящего технологического оборудования и применяемых реагентов;
- сложность выдержки стабильности технологии процессов очистки стоков.

К тому же, в настоящее время при очистке стоков на первый план выходит проблема экологичности каждого конкретного технологического процесса на конкретном предприятии, в виду необходимости выполнения регенерации используемых реактивов, переработки и захоронения отходов [10, 11].

Для решения вышеназванных и других проблем следует создавать и внедрять новые эффективные и экономичные технологии очистки сточных вод, внедрение которых должно привести значения показателей характеристик состава сбрасываемой воды в соответствие с допустимыми показателями составляющих ее компонентов.

Следует отметить, что, хотя система биологической очистки, являющейся наиболее перспективным направлением, однако она часто не может работать с полной эффективной отдачей, поскольку:

- в сточных водах содержится слишком большое количество компонентов органической части;
- многие органические компоненты очищаемых сточных вод являются высокотоксичными и отравляют активный ил;
- зачастую в составе сточных вод содержится компонент, который препятствует биологическому окислению остальных примесей стоков.

По этому системы биологической очистки «захлебываются» и делают проблематичным приведения качества очищаемой воды в соответствии с требуемым экологическим и безопасным нормативам.

Для оценки качества очистки сточных вод действующими нормативами определены два показателя – БПК (биологическое потребление кислорода) и ХПК (химическое потребление кислорода). Показатель БПК отражает концентрированность стоков и показывает необходимое количество кислорода для минерализации органических компонентов сточных вод микроорганизмами в системе биологической очистки. Для наиболее точной характеристики концентрации растворенных органических веществ в промышленных сточных водах, имеющих в своем составе труднодоступные, высокотоксичные вещества, определяется показатель ХПК [12, 13].

Исследование процессов химической и биологической очистки промышленных сточных вод

В виду того, что показатель ХПК сточных вод на химических предприятиях может подниматься до 80 г/л, то биологические методы очистки не срабатывают, что логически приводит к необходимости предварительной очистки сточных вод химическими методами, которыми сточные воды будут подготовлены к дальнейшей качественной и эффективной биологической очистке.

Сточные воды производства стирола и оксида пропилена характеризуются большим количеством органической части ($\text{ХПК} = 54-68 \text{ г О}_2/\text{л}$) и наличием в своем составе пероксидных соединений, отравляющих активный ил системы биологической очистки

сточных вод данного производства, в результате чего сточные воды сжигаются факельным способом, нанося огромный экологический вред атмосфере продуктами неполного сгорания.

Изучив состав сточных вод производства стирола и оксида пропилена, было выявлено, что пероксидные соединения содержатся в пяти из семи локальных стоков с разных стадий производства, причем четыре из этих стоков имеют щелочную реакцию среды и один – кислую реакцию среды, составляющий половину нормы сброса этих стоков на сжигание (табл. 1). При экспериментальных наблюдениях за образцами реальных стоков было обнаружено, что концентрация пероксидов сточных вод с высоким показателем pH во времени не постоянна и снижается при хранении. Так же было констатируется, что концентрация пероксидов в составе стока с кислой реакцией среды неизменна во времени даже при нагреве сточной воды. В связи с этим, предметом проводимых исследований явились стоки со щелочной реакцией среды.

Таблица 1

Основные показатели сточных вод производства стирола и оксида пропилена

Пробы сточной воды	Показатели					
	ХПК, млО ₂ /л	[-OO-], моль/л	Щелочность, г-экв/л		Содержание кислот, г-экв/л	рН
			сильные основания	слабые основания		
Экспериментальный блок 1						
1	25250	0,23	-	-	0,13	3,45
2	54430	0,24	0,81	0,45	-	12,12
3	51900	0,22	0,38	0,54	-	12,40
4	2940	0,03	0,28	0,56	-	9,88
5	24630	0,06	0,11	0,24	-	10,59
Экспериментальный блок 2						
1	25100	0,08	-	-	0,04	3,42
2	41575	0,16	0,37	0,51	-	12,29
3	75640	0,26	0,54	0,61	-	12,30
4	15635	0,02	0,42	0,47	-	11,10
5	38870	0,23	0,46	0,62	-	12,20
Экспериментальный блок 3						
1	26850	0,26	-	-	0,13	3,78
2	61400	0,27	0,85	0,55	-	12,20
3	53700	0,11	0,14	0,67	-	11,80
4	4898	0,07	0,13	0,46	-	9,75
5	28560	0,09	0,09	0,32	-	10,70

Таблица 2

Влияние концентрации реагента на степень разложения пероксидов в образце № 1

Сточная вода образец № 1	Добавляемый реагент	Создаваемый показатель pH	Концентрация реагента в растворе сточной воды, моль/л	Степень разложения пероксидов за время эксперимента, %		
				5 мин	30 мин	60 мин
	Карбонат натрия	7,1	0,14	21,0	67,0	76,9
		9,0	0,18	51,9	82,2	85,6
		9,6	0,25	72,0	87,0	87,9
	Гидроксид аммония	4,1	0,14	11,9	22,1	24,0
		4,6	0,21	47,9	66,0	71,9
		9,4	0,41	77,5	83,0	86,1
	Гидроксид натрия	7,3	0,14	0	0	0
		11,1	0,20	71,2	84,6	89,0
		12,1	0,39	83,1	85,9	89,1

Выявленное разложение пероксидов в щелочных образцах сточных вод, привело к необходимости постановки серии экспериментов с целью изучения возможности разрушения стойкой формы пероксидов кислого стока, путем защелачивания образца. В эксперименте использовали карбонат натрия, гидроксиды аммония и натрия. Эксперимент проводился при температуре 50 °С. В ходе эксперимента установлено, что природа реагента не имеет существенного влияния на степень разложения пероксидных соединений, но, однако, показатель кислотности (рН) в пределах от 9 до 12 позволяет достигнуть 89 %-ного распада пероксидов (табл. 2)

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что процесс разложения пероксидов идет с разными участками скоростей, это может указывать на изменение механизма реакции, или о нахождении в сточной воде пероксидов, относящихся к разным классам химических соединений и соответственно имеющих различные скорости распада.

В процессе экспериментальных исследований было установлено, что в сточной воде содержатся пероксид водорода и гидропероксид этилбензола. В связи с этим дальнейший эксперимент продолжался на модельных растворах, которые готовились на щелочном стоке (проба № 2) в первом случае с добавлением пероксида водорода, во втором случае с добавлением гидропероксида этилбензола, в третьем случае в пробу сточной воды добавлялись и пероксид водорода и гидропероксид этилбензола. Эксперимент на модельных растворах подтвердил, что реакция разложения пероксида водорода идет быстрее, чем разложение гидропероксида (табл. 3).

Таблица 3

**Разложение пероксида водорода и гидропероксида этилбензола
в модельном растворе при T=50°C, T=70°C, pH=11,3**

Модельный раствор	T, °C	Время эксперимента, мин	Концентрация пероксида, моль/л
Сточная вода проба № 5 + H ₂ O ₂	50	0	0,180
		5	0,070
		10	0,030
		30	0,020
		60	0
	70	0	0,180
		5	0,030
		10	0,010
		30	0
		60	0
Сточная вода проба № 5 + ГПЭБ	50	0	0,065
		5	0,064
		10	0,063
		30	0,060
		60	0,059
	70	0	0,065
		5	0,058
		10	0,050
		30	0,045
		60	0,030
Сточная вода проба № 5 + H ₂ O ₂ + ГПЭБ	50	0	0,18
		5	0,080
		10	0,060
		30	0,050
		60	0,050
	70	0	0,18
		5	0,080
		10	0,060
		30	0,040
		60	0,030

Данные табл. 3 указывают на необходимость повышения температуры процесса разложения пероксидов в щелочной среде. Дальнейшие эксперименты проводились при более высоких температурах с реальными пробами сточных вод.

Все это позволило выявить сложность разложения пероксидов из-за большого количества свободной щелочи. Экспериментально было обнаружено при добавлении щелочного реагента в сточную воду с кислой реакцией среды, часть реагента связывается с другими компонентами стока. По всей видимости, органические кислоты, содержащиеся в стоке с кислой реакцией среды (рН стока варьируется в пределах 3,2-3,7) вступают в химическую реакцию со щелочью, образуя соли органических кислот. При потенциометрическом титровании эта доля щелочи всегда оказывается постоянной, а оставшаяся доля оказывается избыточной и оттитровывается как сильное основание (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость разложения пероксидов от общей щелочности в стоке

Порядковый номер	Показатель рН	Щелочность, г-экв/л			Степень разложения, % моль
		общая	сильные основания	слабые основания	
1	8,41	0,18	0	0,18	15
2	10,30	0,22	0,03	0,18	88
3	11,17	0,27	0,11	0,19	89
4	11,31	0,35	0,14	0,22	85
5	12,54	0,52	0,28	0,20	79
6	12,11	0,79	0,65	0,19	47

Эксперимент проводился со сточной водой Проба № 1 концентрация пероксида составляла 0,32 моль/л, температура эксперимента – -20°C, щелочной реагент – NaOH

Все это дает основание утверждать, что величина рН не позволяет определить содержание оснований в стоках производства стирола и оксида пропилена. При повышении показателя рН=10 связь между концентрацией свободной щелочи и определяемым значением рН теряется.

Наибольшее разложение пероксидных соединений в сточных водах (проба № 1) происходит при мольном соотношении «пероксид-щелочь» составляет 1:1. Причем, и при уменьшении, и при увеличении количества щелочи имеет место замедление распада пероксидов.

Эксперименты были продублированы на модельных растворах, например, на водном растворе пероксида водорода. Щелочь, добавляемая в водный раствор, оставалась не связанной и оттитровывалась потенциометрически в виде сильного основания. При разложении пероксида водорода установлено, что степень разложения в щелочной среде так же комплексным образом зависит от концентрации щелочи (табл. 5).

Таблица 5

Разложение пероксида водорода в модельном растворе

Порядковый номер	Щелочность, г-экв/л		Степень разложения, %
	общая	сильные основания	
Т-20°С			
1	0,05	0,05	5
2	0,16	0,16	24
3	0,30	0,30	8
Т=50°С			
1	0,05	0,05	-
2	0,16	0,16	69
3	0,30	0,30	58

Экспериментальными исследованиями определена причина малых скоростей распада пероксидов в сточных водах производства стирола и оксида пропилена, это объясняется высокой щелочностью исследуемых стоков.

При нагреве стоков до температуры 100 °С достигается полное разложение пероксидов через 20 минут после начала опыта. Это позволяет утверждать, что ускорению разложения пероксидов способствует повышение температуры.

По результатам исследований разработаны рекомендации по применению термического разложения пероксидных соединений в среде сточных вод с высоким показателем щелочности.

Практическое внедрение полученных результатов данного научного исследования позволяет снизить количество сбрасываемых на сжигание сточных вод с 7 т/час до 3 т/час при отправке стоков в систему биологической очистки сточных вод.

Заключение

1. Установлена необходимость применения химических методов очистки сточных вод, действующего нефтехимического предприятия, до подачи стоков на биологическую очистку.
2. Концентрация пероксидов снижается с течением времени в стоках со щелочной средой.
3. Концентрация пероксидов в стоках с кислой средой остается практически неизменной даже при нагревании.
4. Показатель pH не является информативным для определения уровня содержания щелочных реагентов в стоках, а высокие значения pH (более 10) не говорят о реальной щелочности среды стоков.
5. Процесс разложения пероксидов в стоках определяется в большей степени щелочностью среды стоков. Разложение пероксидов в кислом стоке возможно путем его защелачивания.
6. Концентрационное соотношение процесса разложения пероксидов составляет 1:1.
7. Повышение температуры реакции разложения пероксидов до 100°С значительно повышает эффективность очистки.

Список библиографических ссылок

1. Srinivasan A., Viraraghavan T. Biological processes for removal of oil from wastewater – a review // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2007. V. 16. № 12A. P. 1532–1543.
2. Rysbek A. B., Tynykulov M. K., Salgozhaeva G. M. The analysis of different methods of biological wastewater treatment // *Modern Science*. 2017. № 2. P. 23–25.
3. Носенко М. О., Шевцов М. Н. К вопросу о загрязнении окружающей среды нефтепродуктами Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2006. Т. 1. С. 430–432.
4. Швецов В. Н., Морозова К. М., Пушников М. Ю., Киристаев А. В., Семенов М. Ю. Перспективные технологии биологической очистки сточных и природных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2005, № 12-2. С. 17–25.
5. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // *Российский Инженер*. 2017. № 1 (7). С. 44–49.
6. Швецов В. Н. Развитие биологических методов очистки производственных сточных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2004. № 2. С. 30–33.
7. Ильин В. И., Бродский В. А., Колесников В. А. Разработка технологических решений для очистки сточных вод от загрязнений органической природы // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2015. № 4 (88). С. 16–19.
8. Ягафарова Г. Г., Аминова А. Ф., Сухарева И. А., Хангильдина А. Р., Хангильдин Р. И. Разработка метода очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений // *Вода: химия и экология*. 2016. № 1. С. 24–29.
9. Kardash M. M., Fedorchenko N. B., Fedorchenko A. A. Problems of wastewater treatment and methods of solving them // *Fibre Chemistry*. 2003. V. 35. № 1. P. 79–82.
10. Мухаматдинова А. Р., Сафаров А. М., Магасумова А. Т., Хатмуллина Р. М. Оценка влияния предприятий нефтехимического комплекса на объекты окружающей среды // *Георесурсы*. 2012. Т. 50. № 8. С. 46–50.

11. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Гареев Б. М. К вопросу использования нанотехнологий для глубокой очистки сточных вод : сб. ст. мат. научно-практ. конф. – Prospects for the development of fundamental and applied science. Т. 2. Прага (Чешская Республика), 2016. С. 12–18.
12. Хенце М., Армозе П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. М. : Мир, 2006. 480 с.
13. Ishak S., Malakahmad A., Isa M. H. Refinery wastewater biological treatment: A short review // Journal of Scientific & Industrial Research. April 2012. Vol. 71. P. 251–256.

Andreeva Svetlana Aleksandrovna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: saandreeva@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Khuziakhmetova Karina Rustamovna

engineer

E-mail: karina261996@mail.ru

LLC «ItilStoryServis»

The organization address: 420049, Russia, Kazan, Nursultana Nazarbaeva st., 10

Investigation of the process of wastewater treatment from soluble peroxide compounds of production of styrene and propylene oxide**Abstract**

Problem statement. The aim of the study is to study the process of decomposition of peroxide compounds with the presence of alkaline reagents in the composition of wastewater in the production of styrene and propylene oxide, which increase the efficiency of biodegradation of wastewater.

Results. On the basis of the existing petrochemical plant, the processes of decomposition of peroxide compounds were studied by adding alkaline reagents to industrial wastewater, which initially had an acidic reaction medium. A stable decrease in the concentration of peroxides in wastewater was established during chemical pre-treatment prior to the supply of effluents to bioremediation plants.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to establish the need to apply chemical methods for wastewater treatment of the existing petrochemical plant before submitting the prepared effluents for biological treatment. The decomposition of peroxides in acidic waste is possible by alkalizing it. The concentration ratio of the decomposition of peroxides is 1:1. Increasing the reaction temperature of peroxide decomposition to 100 °C significantly increases the cleaning efficiency.

Keywords: wastewater, peroxide compounds, degree of purification, concentration, chemical composition.

References

1. Srinivasan A., Viraraghavan T. Biological processes for removal of oil from wastewater – a review // Fresenius Environmental Bulletin. 2007. V. 16. № 12A. P. 1532–1543.
2. Rysbek A. B., Tynykulov M. K., Salgozhaeva G. M. The analysis of different methods of biological wastewater treatment // Modern Science. 2017. № 2. P. 23–25.
3. Nosenko M. O., Shevtsov M. N. On the issue of environmental pollution by oil products New ideas of the new century: materials of the International Scientific Conference FAD TOGU. 2006. T. 1. P. 430–432.
4. Shvetsov V. N., Morozova K. M., Pushushnikov M. Yu., Kiristaev A. V., Semenov M. Yu. Perspective technologies of biological treatment of waste and natural waters // Vodосnabgenie i sanitarnaya tehnika. 2005, №. 12-2. P. 17–25.

5. Chertkov M. P. The use of biological methods of water purification in water treatment and wastewater treatment // Rossiyskiy ingener. 2017. №. 1 (7). P. 44–49.
6. Shvetsov V. N. The development of biological methods of industrial wastewater treatment // Vodosnabgenie i sanitarnaya tehnika. 2004. № 2. P. 30–33.
7. Ilyin V. I., Brodsky V. A., Kolesnikov V. A. Development of technological solutions for wastewater treatment from pollution of organic nature // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabgenie. 2015. № 4 (88). P. 16–19.
8. Yagafarova G. G., Aminova A. F., Sukhareva I. A., Hangildina A. R., Hangildin R. I. Development of a method for purifying waste water from hardly oxidizable organic compounds // Voda: himiya i ekologiya. 2016. № 1. P. 24–29.
9. Kardash M. M., Fedorchenko N. B., Fedorchenko A. A. Problems of wastewater treatment and methods of solving them // Fibre Chemistry. 2003. V. 35. № 1. P. 79–82.
10. Mukhamatdinova A. R., Safarov A. M., Magasumova A. T., Khatmullina R. M. Assessment of the impact of petrochemical enterprises on the environment. Georesursy. 2012. V. 50. № 8. P. 46–50.
11. Busarev A. V., Selyugin A. S., Gareev B. M. To the use of nanotechnology for waste water treatment : proceedings of the scientific-practical conference. – Prospects for the development of fundamental and applied science. Vol. 2. Prague (Czech Republic), 2016. P. 12–18.
12. Khentse M., Armoze P., La-Kur-Yansen Yi., Arvan E. Wastewater treatment. M. : Mir, 2006. 480 p.
13. Ishak S., Malakahmad A., Isa M. H. Refinery wastewater biological treatment: A short review // Journal of Scientific & Industrial Research. April 2012. Vol. 71. P. 251–256.

УДК 628.3

Бусарев Андрей Валерьевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: reder1@myrambler.ru

Селюгин Александр Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: a.selyugin@inbox.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Корнилов Александр Денисович

мастер участка

E-mail: krnilvsas@yandex.ru

ООО «Ремонтно-строительная компания»

Адрес организации: 420066, Россия, г. Казань, ул. Бондаренко, д. 35

К вопросу очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся в процессе транспортировки и хранения дизельного топлива

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является очистка сточных вод, образующихся при транспортировке и хранении дизельного топлива, загрязненных нефтепродуктами и твердыми взвешенными веществами, по технологической схеме «гидроциклон-отстойник». Необходимо провести исследования по очистке сточных вод, образующихся при транспортировке и хранении дизельного топлива, в напорных гидроциклонах, а также определить необходимое время отстаивания обработанных в напорном гидроциклоне стоков.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении наиболее эффективного напорного гидроциклона для очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся при перекачке и хранении дизельного топлива, и определении необходимого времени отстаивания обработанных в гидроциклоне сточных вод. Результаты исследований использованы при проектировании установки для очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся при перекачке и хранении дизельного топлива.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в определении типа гидроциклона и технологических параметров его работы при очистке нефтесодержащих сточных вод, а также определении необходимого времени отстаивания обработанных в гидроциклоне сточных вод.

Ключевые слова: нефтесодержащие сточные воды, очистка, гидроциклон, экспериментальная установка, методика исследований, обработка результатов.

Введение

На железнодорожном транспорте широко используется дизельное топливо, которое применяется в качестве горючего для тепловозов. При транспортировке и хранении дизельного топлива образуются нефтесодержащие сточные воды, загрязнённые нефтепродуктами и твёрдыми взвешенными веществами. Концентрация нефтепродуктов в данных стоках достигает 3000 мг/л, а содержание взвешенных веществ – 1000 мг/л.

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов авторами работ [1-6] предлагается использовать напорные гидроциклоны. В работах [2, 3] предлагается использовать для очистки нефтесодержащих сточных вод напорные гидроциклоны диаметром 75 мм. В работе [6] представлены результаты исследований процессов обработки нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах диаметром от 40 до 100 мм. Авторы работы [7] предлагают использовать для разделения суспензий и эмульсий гидроциклоны малых диаметров.

На кафедре водоснабжения и водоотведения КГАСУ в течение ряда лет ведутся научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по изучению процессов очистки нефтесодержащих сточных вод и созданию установок типа «блок гидроциклон-

отстойник», состоящих из напорных двухпродуктовых гидроциклонов конструкции КГАСУ и отстойников различных модификаций [1-3]. Очистка нефтесодержащих сточных вод в установках типа «блок гидроциклон – отстойник» осуществляется в две стадии: а) обработка в поле центробежных сил напорных гидроциклонов; б) последующее гравитационное разделение.

При обработке нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах происходит не только отделение нефтепродуктов от воды, но и наблюдается разрушение оболочек вокруг капель нефтепродуктов; осуществляется их укрупнение и повышение монодисперсности частиц внутренней фазы эмульсий типа «нефть в воде», которыми являются нефтесодержащие сточные воды. Все это значительно интенсифицирует процесс их последующего отстаивания [1-3].

Описание экспериментальной установки

Для проведения экспериментальных исследований процессов очистки сточных вод, образующихся при транспортировании и хранении дизельного топлива, была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

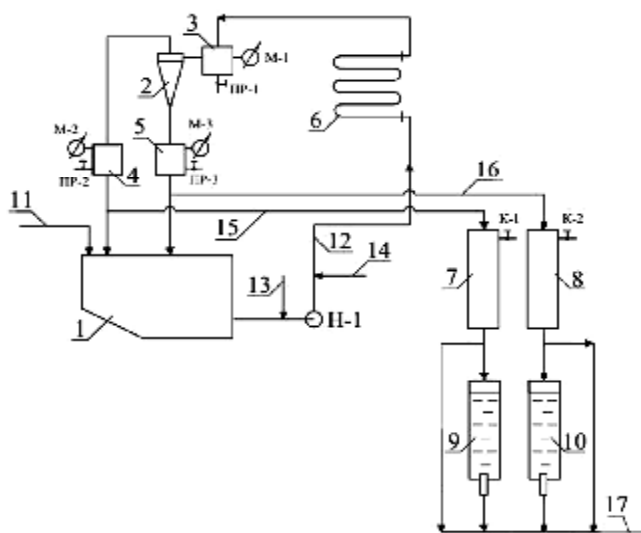


Рис. 1. Схема экспериментальной установки (иллюстрация авторов)

В состав данной установки входят: емкость 1, напорный гидроциклон 2, успокоительная емкость 3, напорная емкость верхнего 4 и нижнего 5 сливов, каплеобразователь 6, пробоотборные устройства 7 и 8, стеклянные цилиндры 9 и 10, насосы, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, а также система контрольно-измерительных приборов.

При работе установки в емкость 1 по трубопроводу 11 заливается водопроводная вода, которая насосом Н-1 по трубопроводу 12 подается в напорный гидроциклон 2. Во всасывающий трубопровод насоса Н-1 насосом-дозатором по трубопроводу 13 подается суспензия. По трубопроводу 14 насосом-дозатором в линию 12 подаются нефтепродукты (дизельное топливо). Формирование устойчивых нефтесодержащих сточных вод завершается в каплеобразователе 6, который представляет собой трубопровод переменного диаметра. При движении по нему воды, суспензии и нефтепродуктов образуются стойкие эмульсии типа «нефть в воде».

Успокоительная емкость 3 предназначена для стабилизации потока сточных вод, поступающих в гидроциклон 2. Она оборудована манометром М-1 для измерения давления на входе в гидроциклоны и пробоотборником ПР-1, который предназначен для отбора проб воды, поступающей на очистку. Емкости верхнего слива 4 и нижнего слива 5 предназначены для создания противодействия на сливах гидроциклона 2.

Емкости 4 и 5 оборудованы манометрами М-2 и М-3 для контроля величины противодействия на сливах гидроциклона, а также пробоотборниками ПР-2 и ПР-3 для

отбора проб, в которых определяется содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ. Пробоотборные устройства 7 и 8 предназначены для заливки цилиндров 9 и 10, которые используются для определения времени отстаивания, необходимого для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Устройства 7 и 8, оборудованные воздушными кранами К-1 и К-2, позволяют предотвращать изменение дисперсности капель дизельного топлива при заливке цилиндров 9 и 10. Общий вид цилиндров 9 и 10 представлен на рис. 2.

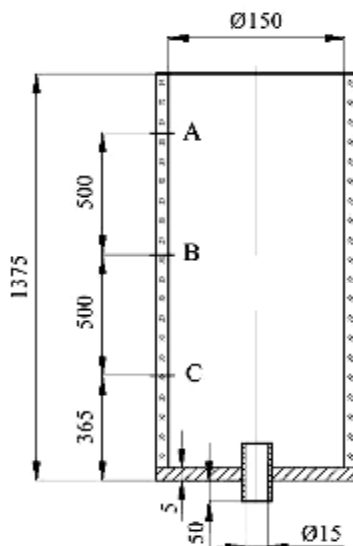


Рис. 2. Общий вид стеклянного цилиндра (иллюстрация авторов)

Экспериментальные исследования

При проведении исследований по очистке нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах экспериментальная установка работает следующим образом. В емкость 1 по трубопроводу 11 заливается водопроводная вода. Включается насос Н-1. По показаниям манометров М-1, М-2 и М-3 с помощью запорно-регулирующей арматуры устанавливается давление на входе в напорный гидроциклон ($P=0,3$ МПа) и противодействие на его сливах ($P_a = 0,1$ МПа). Включаются насосы-дозаторы, подающие в водопроводную воду суспензию и дизельное топливо. Для определения эффекта очистки сточных вод от нефтепродуктов в напорном гидроциклоне, отбираются пробы исходной воды из пробоотборника ПР-1 и очищенной воды нижнего слива гидроциклоне из пробоотборника ПР-3.

Концентрация нефтепродуктов определяется путем фотоколориметрирования раствора, полученного при экстракции из воды нефтепродуктов с помощью четыреххлористого углерода [8]. Эффект очистки НСВ от нефтепродуктов $\mathcal{E}_n$, %, определяется по формуле [8]:

$$\mathcal{E}_n = \frac{C_n^{исх} - C_n^{оч}}{C_n^{исх}} \times 100, \quad (1)$$

где $C_n^{исх}$ – концентрация нефтепродуктов в воде, поступающей на очистку, мг/л;
 $C_n^{оч}$ – концентрация нефтепродуктов в очищенной воде, мг/л.

Для определения эффекта очистки сточных вод от взвешенных веществ в напорном гидроциклоне отбираются пробы исходной воды из пробоотборника ПР-1 и очищенной воды (верхний слив гидроциклона) из пробоотборника ПР-2. Концентрация в пробах взвешенных веществ определяется весовым методом [9].

Эффект очистки сточных вод от взвешенных веществ $\mathcal{E}_{в.в.}$, %, определяется по формуле [8]:

$$\mathcal{E}_{в.в.} = \frac{C_{в.в.}^{исх} - C_{в.в.}^{оч}}{C_{в.в.}^{исх}} \times 100, \quad (2)$$

где $C_{в.в.}^{исх}$ – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку, мг/л;

$C_{в.в.}^{оч}$ – концентрация взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л.

Для проведения исследований по очистке нефтесодержащих сточных вод использовались напорные гидроциклоны диаметром 40 мм, геометрические характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Геометрические характеристики гидроциклонов

Обозначение гидроциклона	Диаметр, мм				Угол конусности, α , град	Высота цилиндрической части, $H_{ст}$, мм	Общая высота гидроциклона, $H_{общ}$, мм
	гидроциклона, $D_{гц}$	входного патрубка, $d_{вх}$	патрубка верхнего слива, $d_{в.сл.}$	патрубка нижнего слива, $d_{н.сл.}$			
ГЦ-40-I	40	15	10	5	5	15	525
ГЦ-40-II	40	15	15	10	5	15	525
ГЦ-40-III	100	15	8	5	5	15	470

Результаты очистки сточных вод, образующихся при транспортировке и хранении дизельного топлива в напорных гидроциклонах, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты очистки нефтесодержащих сточных вод в напорных гидроциклонах

Тип гидроциклона	Концентрация нефтепродуктов, мг/л		Ξ_n , %	Концентрация взвеси, мг/л		$\Xi_{в.в.}$, %	Расход, л/с	
	в исходной воде	в очищенной воде		в исходной воде	в очищенной воде		из верхнего слива гидроциклона	из нижнего слива гидроциклона
ГЦ-40-I	2985	1522	49	986	480	51	0,31	0,1
	3024	1440	52	1020	507	50	0,3	0,09
	3017	1471	51	1008	522	48	0,29	0,11
ГЦ-40-II	2979	1608	46	1032	481	53	0,33	0,19
	2981	1541	48	1011	513	49	0,34	0,15
	3015	1562	48	997	486	51	0,33	0,18
ГЦ-40-III	2993	1642	45	978	506	48	0,25	0,08
	3017	1593	47	1005	534	47	0,26	0,07
	3006	1619	46	1021	518	49	0,24	0,09

Анализ результатов исследований процессов очистки сточных вод, образующихся при транспортировке и хранении дизельного топлива, в напорных гидроциклонах, позволяет сделать следующие выводы:

а) концентрация нефтепродуктов в поступающей на очистку сточной воде составила 2981-3024 мг/л;

б) содержание взвешенных веществ в поступающей на очистку сточной воде, составила 978-1032 мг/л;

в) эффект очистки сточных вод в напорных гидроциклонах от нефтепродуктов составил 45-52 %;

г) эффект очистки сточных вод в напорных гидроциклонах от взвешенных веществ составил 47-53 %;

д) для очистки сточных вод, образующихся при перекачке и хранении дизельного топлива, рекомендуется использовать гидроциклон типа ГЦ-40-I, имеющий более высокий эффект очистки сточных вод по нефтепродуктам и достаточно большую производительность.

При проведении экспериментальных исследований по определению времени отстаивания обработанных в гидроциклоне сточных вод экспериментальная установка работает следующим образом. В емкость 1 подается водопроводная вода. Включается насос Н-1. Устанавливается давление на входе в гидроциклон типа ГЦ-40-I, равное $P=0,3$ МПа, а также противодействие на его сливах, равное $P_a=0,1$ МПа. По трубопроводам 13 и 14 насосами дозаторами подаются суспензия и нефтепродукты. После того, как движение в системе станет установившимся, отбираются пробы из пробоотборников ПР-2 и ПР-3, в которых определяется содержание в воде нефтепродуктов $C_n^{н.сл.}$ и $C_n^{в.сл.}$.

По трубопроводам 15 и 16 производится заполнение устройств 7 и 8. Затем заливаются цилиндры 9 и 10 до отметки «А». Через 5 мин вода из цилиндров 9 и 10 по трубопроводу 17 сливается в канализацию до отметки «В». При этом под струю жидкости из нижних патрубков цилиндров 15 и 16 подставляются колбы для отбора проб жидкости. В пробах определяется концентрация нефтепродуктов $C_k^{в.сл.}$ и $C_k^{н.сл.}$.

Эффект отстаивания для жидкости из верхнего слива гидроциклона $\mathcal{E}_{в.сл.}$, %, определяется по формуле [10]:

$$\mathcal{E}_{в.сл.} = \frac{C_{исх}^{в.сл.} - C_k^{в.сл.}}{C_{исх}^{в.сл.}} \times 100. \quad (3)$$

Эффект отстаивания для жидкости из нижнего слива гидроциклона $\mathcal{E}_{н.сл.}$, %, определяется по формуле [10]:

$$\mathcal{E}_{н.сл.} = \frac{C_{исх}^{н.сл.} - C_k^{н.сл.}}{C_{исх}^{н.сл.}} \times 100. \quad (4)$$

Цилиндры 9 и 10 промываются бензолом, а затем водопроводной водой. Описанная выше последовательность действий повторяется ещё пять раз для времени отстаивания 10, 30, 60, 120 и 180 мин. Строятся графики зависимостей $\mathcal{E}_{в.сл.} = f(t)$ и $\mathcal{E}_{н.сл.} = f(t)$ для высоты отстаивания равной $h_1=500$ мм. Затем строятся графики зависимости $\mathcal{E}_{в.сл.} = f(t)$ и $\mathcal{E}_{н.сл.} = f(t)$ для высоты отстаивания равной $h_2=1000$ мм. Для этого жидкость из цилиндров 9 и 10 сливается до отметки «С». Совместно с графиками зависимостей $\mathcal{E}_{в.сл.} = f(t)$ и $\mathcal{E}_{н.сл.} = f(t)$ строится график функции $\mathcal{E}_{ср} = const$. Величина $\mathcal{E}_{ср}$, %, определяется по формуле [10]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{\bar{C}_{исх} - 10}{\bar{C}_{исх}} \times 100, \quad (5)$$

где $\bar{C}_{исх}$ – среднее значение концентраций нефтепродуктов в пробах воды перед началом отстаивания из верхнего и нижнего сливов гидроциклона мг/л.

Абсциссы точек пересечения графиков функций $\mathcal{E}_{в.сл.} = f(t)$ и $\mathcal{E}_{н.сл.} = f(t)$ с прямой $\mathcal{E}_{ср} = const$ дают два значения времени t_1 для высоты отстаивания 500 мм и t_2 для высоты отстаивания 1000 мм. Время отстаивания T , с, для реального отстойника с высотой отстаивания H , мм, определяется по формуле [10]:

$$T = t_2 \frac{\frac{H}{1000} \frac{\delta^n}{\delta}}{\frac{\delta^n}{\delta}}, \quad (6)$$

где n – показатель степени.

$$n = \frac{\lg t_2 - \lg t_1}{\lg 1000 - \lg 500}. \quad (7)$$

Результаты расчётов для высоты отстаивания $H = 3 \text{ м} = 3000 \text{ мм}$ представлены в табл. 3-3а.

Таблица 3

Результаты определения времени отстаивания

Тип гидроциклона	Тип жидкости	Температура НСВ, С°	Давление, МПа	
			на входе в гидроциклон	на сливах гидроциклона
1	2	3	4	5
ГЦ-40-I	нижний слив гидроциклона	19,9	0,3	0,1
	верхний слив гидроциклона	20,0		

Таблица 3а

Результаты определения времени отстаивания

$\bar{C}_{исх}$, мг/л,	t_1 , мин	t_2 , мин	n	H , мм	T , мин
6	7	8	9	10	11
1473	93	110	0,24	3000	143
4381	107	126	0,23	3000	162

Для нефтесодержащих сточных вод, обработанных в напорном гидроциклоне типа ГЦ-40-I, определено необходимое время отстаивания, которое составило: для нижнего слива гидроциклона 143 минуты, а для верхнего слива гидроциклона 162 минуты.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований определен оптимальный тип гидроциклона и технологические параметры его работы при очистке нефтесодержащих сточных вод, а также определено необходимое время отстаивания обработанных в гидроциклоне сточных вод. Результаты исследований использованы при проектировании установки для очистки сточных вод, образующихся при транспортировке и хранении дизельного топлива, производительностью 1,5 м³/ч.

Список библиографических ссылок

1. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Урмитова Н. С., Шешегова И. Г. Применение гидроциклонных установок для очистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий : сб. тр. VIII международного конгресса «Чистая вода. Казань» / ООО «Новое знание». Казань, 2017. С. 35–40.
2. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С. Гидродинамическая очистка нефтепромысловых сточных вод на основе применения закрученных потоков. Казань : КГАСУ, 2011. 245 с.
3. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Гришин Б. М., Бикуннова М. В., Сафонов М. А. Очистка сточных вод нефтепромыслов с применением высокопроизводительных блочно-модульных установок. Пенза : ПГУАС, 2015. 135 с.
4. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis // International Journal of Mineral Processing. 2014. V. 132. P. 43–58.
5. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 25–30.
6. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Хисамеева Л. Р., Шинкарев Н. О. Некоторые аспекты очистки нефтесодержащих сточных вод, образующихся при хранении горюче – смазочных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 12. 2017. С. 223–227.
7. Zhu G., Liow J. L. Experimental study of particle separation and the fish hook effect in a mini hydrocyclone. Chemicale Engineering Science. 2014. V. 111. P. 94–105.

8. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Каюмов Ф. Ф. К вопросу очистки поверхностных стоков в гидроциклонных установках // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10. С. 229–232.
9. Калицун В. И., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Алексеев Е. В. Лабораторный практикум по водоотведению и очистке сточных вод. М. : Стройиздат, 2000. 272 с.
10. Пономарев В. Г., Иоакимис Э. Г., Монгайт И. Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М. : Химия, 1985. 256 с.

Busarev Andrey Valerevich

candidate of technical science, associate professor

E-mail: reder1@myrambler.ru

Selyugin Aleksandr Sergeevich

candidate of technical science, associate professor

E-mail: a.selyugin@inbox.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kornilov Aleksandr Denisovich

master of the construction site

E-mail: krnilvsas@yandex.ru

ООО «Repair and construction company»

The organization address: 420066, Russia, Kazan, Bondarenko st., 35

**On the issue of purification of oily waste water generated
in the process of transportation and storage of diesel fuel****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is the treatment of waste water generated during transportation and storage of diesel fuel contaminated with petroleum products and solid suspended solids, according to the technological scheme «hydrocyclone-sump». It is necessary to conduct studies on the treatment of waste water generated during transportation and storage of diesel fuel in pressure hydrocyclones, as well as to determine the necessary settling time of treated wastewater in the pressure hydrocyclone.

Results. The main results of the study are to determine the most effective pressure hydrocyclone for the treatment of oily waste water generated during the pumping and storage of diesel fuel, and to determine the necessary settling time for the design of sedimentation tanks. The research results were used in the design of the plant for the treatment of oily waste water generated during the pumping and storage of diesel fuel.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is to determine the type of hydrocyclone and the technological parameters of its operation in the treatment of oily waste water, as well as determining the required settling time of treated wastewater in the hydrocyclone.

Keywords: oily waste water, treatment, hydrocyclone, experimental installation, research methods, processing of results.

References

1. Busarev A. V., Selyugin A. S., Urmitova N. S., Sheshegova I. G. The use of hydrocyclone plants for the cleaning of industrial enterprise oily waste water. : proceedings of the VIII international congress «Pure water. Kazan» / ООО «Novoe Znaniye». Kazan, 2017. P. 35–40.
2. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S. Hydrodynamic cleaning of oilfield sewage based on the use of swirling flows. Kazan : KGASU, 2011. 245 p.

3. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Grishin B. M., Bicunova M. V., Safonov M. A. Purification of waste waters of oil fields with the use of high performance block-modular installations. Penza : PGUAS, 2015. 135 p.
4. Nageswararao K., Medronho R. F. Fish hook effect in centrifugal classifiers – a further analysis // International Journal of Mineral Processing. 2014. V. 132. P. 43–58.
5. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 25–30.
6. Busarev A. V., Selyugin A. S., Khisameeva L. R., Shinkarev N. O. Some aspects of treatment of oily waste water generated during storage of fuels and lubricants // international journal of applied and fundamental research. № 12. 2017. P. 223–227.
7. Zhu G., Liow J. L. Experimental study of particle separation and the fish hook effect in a mini hydrocyclone. Chemical Engineering Science. 2014. V. 111. P. 94–105.
8. Busarev A. V., Selyugin A. S., Kayumov F. F. On the issue of cleaning surface runoff in hydrocyclone installations // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2016. № 10. P. 229–232.
9. Kalitsun V. I., Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Alekseyev Ye. V. Laboratory workshop on wastewater disposal and treatment. M. : Stroyizdat, 2000. 272 p.
10. Ponomarev V. G., Ioakimis Z. G., Mongajt I. L. Waste water treatment of oil refineries. M. : Chemistry. 1985. 256 p.

УДК 628.16.087

Захватов Герман Иванович

доктор технических наук, профессор

E-mail: avtel@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Котов Николай Викторович

доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: nvkotov@gmail.com

Казанский Федеральный Университет

Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 16

Электронеутрализационная очистка наиболее устойчивых эмульсий

Аннотация

Постановка задачи. Очистка особо устойчивых эмульсий является наиболее сложной проблемой. Современные технологии являются сложными и связаны с большими затратами. Существенный интерес представляет попытка использовать электронеутрализационный метод для этих целей. Это было мотивированно успешным использованием данного метода в других областях.

Результаты. В работе были использованы эмульсии на основе эмульгатора НГЛ 205 и промышленных масел с добавками. Было установлено, что для наиболее устойчивых эмульсий требуется предварительная химическая обработка. Разрушение устойчивости таких эмульсий может быть достигнуто комплексным методом. Этот метод включает в себя химическую обработку, последующую электрохимическую обработку с использованием электрокоагуляции или электрофлотации и конечную электронеутрализационную обработку. Устойчивые эмульсии на основе промышленных композиций могут быть разрушены методом электронеутрализации в циклическом варианте. В этом случае в схему включаются два отстойника. В первом отстойнике разделяется 40 % наиболее неустойчивой части эмульсии, а также взвешенные вещества. Второй отстойник используется в циклическом процессе обработки электронеутрализационным методом. Определены оптимальные условия использования электронеутрализационного процесса, а также различные варианты использования такой схемы.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для строительной отрасли состоит в том, что разработанная технология может быть использована при производстве строительных материалов и бетонных конструкций, использующих составы, образующие устойчивые эмульсии, например, при смазке форм. Разработанная технология может применяться для очистки сточных вод строительных предприятий, стоки которых содержат эмульгированные загрязнения и не поддаются обычным методам очистки, ввиду их повышенной устойчивости.

Ключевые слова: очистка сточных вод, эмульсии, электрообработка, электронеутрализация.

Введение

Водные эмульсии, содержащие органические компоненты разной природы имеют соответственно и разные физико-химические свойства. С точки зрения очистки сточных вод наиболее существенным является их устойчивость к разделению, в результате которого эмульгированная органика отделяется от воды, в чем, соответственно, и заключается процесс очистки эмульгированных стоков. Существующие методы очистки эмульгированных загрязнений используют самые различные принципы, среди которых наиболее распространены простое и сорбционное фильтрование, а также флотация. Все они имеют существенные недостатки, обсуждение которых не входило в задачу, поставленную в этой статье. В данном случае рассматриваются устойчивые эмульсии,

которые, как правило, не поддаются очистке обычными методами и, как правило, либо подмешиваются к обычным стокам или сдаются отдельно на нейтрализацию. В последнее время объем устойчивых эмульсий существенно возрастает за счет использования различных органических добавок, являющихся, как правило, стабилизаторами эмульсий.

В строительной индустрии устойчивые эмульсии встречаются достаточно часто. Это, например, связано с использованием составов для смазки форм, применением их в производстве строительных материалов и с другими производственными процессами. Поскольку статья посвящена электрическим методам очистки, следует отметить, что наиболее распространенные методы – электрокоагуляция, электрофлотация и некоторые другие [1-5] для очистки устойчивых эмульсий малоприменимы, поскольку даже для обычных эмульсий они недостаточно эффективны и используются обычно в комбинации с другими методами. Метод электронеутрализации в обычных вариантах также малоэффективен. Несмотря на проведенные исследования с целью выяснения возможностей повышения эффективности метода [6-10], их результаты дали положительный эффект только для эмульсий средней степени устойчивости. Однако использование метода электронеутрализации в циклическом варианте показало перспективность его для использования в области разрушения и очистки более устойчивых эмульсий. Данная статья является результатом исследований в этом направлении.

Выбор направления

Предшествующие исследования, проведенные на эмульсиях повышенной устойчивости, в частности, использовалась эмульсия топлива Т6, показали, что электронеутрализационный метод в циклическом варианте может с успехом использоваться для их очистки. Но для более устойчивых эмульсий, например, на основе промышленного эмульсола НГЛ-205, этот вариант метода не подошел. При исходном содержании эмульсола 200-400 мг·л⁻¹ остаточное содержание веществ, экстрагируемых четыреххлористым углеродом даже в этом варианте метода составляло 20-40 мг·л⁻¹. Это можно объяснить присутствием в составе эмульсола веществ, резко увеличивающих устойчивость эмульсии.

В связи с этим обстоятельством достижение положительного результата могло быть осуществлено только с помощью комбинированных методов. С этой целью в качестве дополнительного метода был использован электрофлотационный. Данный метод также является безреагентным и, как правило, используется в комбинации с другими. Однако для особо устойчивых эмульсий он малоэффективен, но с использованием дестабилизаторов его эффективность существенно возрастает. В качестве дестабилизатора было решено использовать полиэтиленамин. С целью приближения эксперимента к реальным условиям был использован также первичный отстойник. Это объясняется необходимостью отделения наиболее неустойчивой части эмульсии, ввиду того, что содержание органических веществ может достигать нескольких граммов в литре. Был использован также вторичный отстойник для осуществления процесса рециркуляции.

Экспериментальная часть

Для исследований были выбраны эмульсии на основе эмульсола НГЛ-205, в состав которого входят (вес в %):

- индустриальные масла – 75-80;
- сульфонафтенновые кислоты – 20;
- сода каустическая – 0,3.

Схема установки для обработки таких эмульсий изображена на рис. 1. Она включает в себя первичный отстойник 1, электрофлотатор 2, вторичный отстойник 3, установку электронеутрализации 4, систему рециркуляции с насосом 5. Электрофлотатор 2 был выполнен с нерастворимыми титановыми электродами. Их защита от окисления достигалась путем термообработки в атмосфере эндогаза. Установка электронеутрализации 4 была выполнена с горизонтальными электродами с 18 секциями (19 электродов).

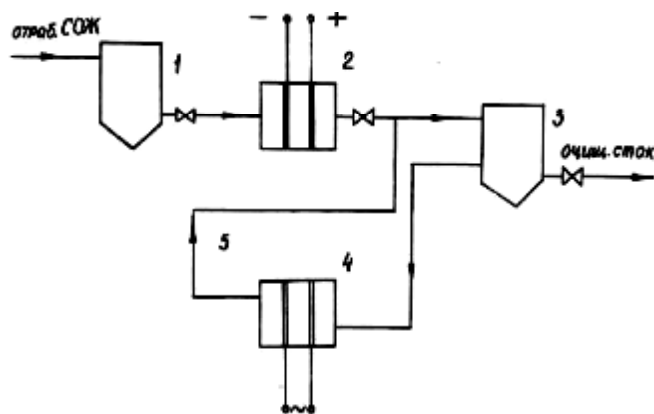


Рис. 1. Схема установки для обработки особо устойчивых эмульсий (иллюстрация авторов)

Электрообработка в этой установке осуществлялась при повышенной плотности тока $0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$. Режим рециркуляции осуществлялся с помощью перистальтического насоса, обеспечивающего заданную линейную скорость в установке электронейтрализации на уровне $7-8 \text{ см} \cdot \text{мин}^{-1}$. Вторичный отстойник 3 имел соотношение объемов по отношению к установке электронейтрализации как 9:1.

Для приближения эксперимента к реальным условиям в качестве эмульсии использовалась отработанная СОЖ на базе эмульсола НГЛ-205. Процесса обработки по данной схеме осуществлялся следующим образом. Отработанная СОЖ заливалась в первичный отстойник 1, где она выдерживалась в течение 4-5 суток. В результате отстаивания происходило разделение эмульсии, при этом остаточное содержание веществ, экстрагируемых CCl_4 , составляло $200-400 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Данная операция является необходимой перед подачей эмульсии в электрофлотатор. Электрообработка в электрофлотаторе осуществлялась после предварительного введения дестабилизатора эмульсии – полиэтиленамина в количестве $5 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Обработанная в электрофлотаторе эмульсия подавалась во вторичный отстойник 3, где отстаивалась в течение суток. Осветленная часть эмульсии из вторичного отстойника 3 подавалась самотеком в установку электронейтрализации 4, где происходила ее обработка в циклическом режиме. Система рециркуляции 5 связывала установку с вторичным отстойником 3. В этом случае подача эмульсии из электрофлотатора 2 прекращалась. В связи с этим объемы отстойников 1 и 3 были одинаковыми, для того, чтобы обработать всю эмульсию из отстойника 1. Таким образом, очистка особо устойчивых эмульсий осуществлялась порционно. Это вполне допустимо, учитывая относительно небольшой объем таких эмульсий в строительных и других предприятиях.

В процессе циклической обработки периодически брались пробы на их анализ веществ, экстрагируемых CCl_4 . Количество циклов электрообработки определялось по скорости подачи эмульсии в установку и времени электрообработки. Несмотря на относительно высокую электродную плотность тока – $0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, напряжение при электрообработке не превышало 12 В. Это нужно объяснить достаточно высокой электропроводностью эмульсии. На рис. 2 представлены результаты такой комплексной очистки.

В эксперименте использовалась установка с 19 титановыми электродами. Увеличение количества электродом при прочих равных условиях обеспечивает увеличение эффективности обработки. Установки с 15-20 электродами дают наибольший эффект, но дальнейшее увеличение не приводит к росту эффективности. Как видно из приведенного графика, максимальный эффект разделения эмульсии наступает после приблизительно 20 циклов, при этом остаточное содержание веществ, экстрагируемых CCl_4 находится на уровне $1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, что позволяет сбрасывать эту очищенную эмульсию в общий сток предприятия. Данная схема может быть использована в двух вариантах. Согласно одному из них можно отстоявшуюся в отстойнике 2 эмульсию перелить в электронейтрализатор 4 и соединить его выход с входом. Тогда эмульсия будет обрабатываться в циклическом режиме без использования отстойника 3 до уровня очистки $\leq 1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Такой вариант удобен при малых объемах эмульсии, когда её объём

соизмерим с объемом электронейтрализатора. Тогда можно использовать схему первой ступени очистки: первичный отстойник – 1, электрофлотатор – 2, вторичный отстойник – 3. Тем самым сокращается общее время обработки.

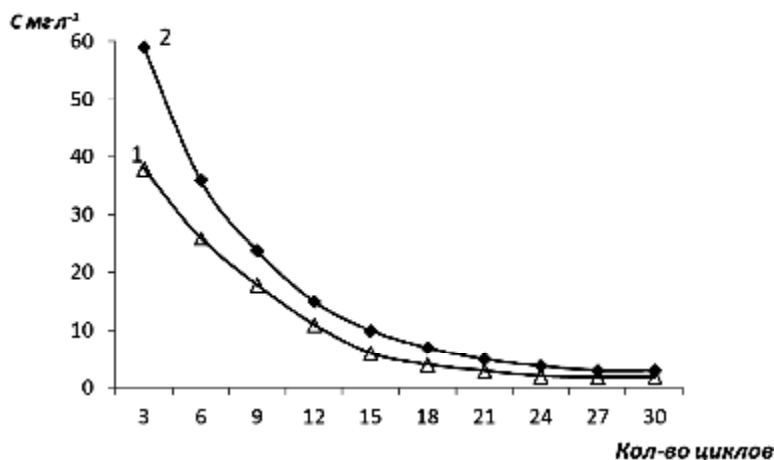


Рис. 2. Зависимость остаточного содержания веществ, экстрагируемых CCl_4 при обработке СОЖ в циклическом режиме: $I = 0,5 \text{ А} \cdot \text{дм}^{-2}$, $V = 10 \text{ см}^3 \cdot \text{мин}^{-1}$, $d = 5 \text{ см}$, $n = 19$ электродов. 1 – $C_{\text{нач.}} = 128$, 2 – $285 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (иллюстрация авторов)

Согласно другому варианту используется третий отстойник. В этом случае жидкость, отстоявшуюся во вторичном отстойнике 3, из его нижней части, но выше уровня осадка, если имеются взвешенные вещества, направляют в этот отстойник и зацикливают его с установкой электронейтрализации 4, где происходит электрообработка с достижением уровня очистки $\leq 1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ по веществам, экстрагируемым CCl_4 . Данный метод удобен, как и первый вариант тем, что параллельно можно осуществлять обработку новой эмульсии по первой стадии очистки. Отличием здесь является то, что можно обрабатывать большие объёмы эмульсии, если это свойственно данному предприятию.

Переходя к обсуждению полученных результатов, следует признать, что данный комбинированный метод очистки особо устойчивых эмульсий является весьма сложным в техническом исполнении, хотя затраты на проведение процесса очень низкие. Фактически это только расход электроэнергии $1,5\text{--}2,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^{-3}$. Замена процесса электрофлотации на электрокоагуляцию является нецелесообразной, так как в процессе образуется большое количество сильнообводненного осадка, а растворение алюминиевых или железных электродов делает процесс реагентным, так как расходуются алюминий или сталь.

Однако, несмотря на сложность процесса, его использование является вполне целесообразным, так как других, более простых методов, фактически не существует. Передача же эмульсии на станции химической нейтрализации является весьма затратной, особенно при значительных количествах таких эмульсий. Разумеется, данная технология не является абсолютно совершенной и требуется проведение дальнейших исследований в этом направлении. Но, вероятнее всего, другие варианты очистки особо устойчивых эмульсий также будут комбинированными.

Есть ли перспективы прямого использования метода электронейтрализации без использования других методов обработки. Разумеется, это было бы наиболее оптимальным решением проблемы. В этой связи, на наш взгляд, целесообразен процесс с использованием деэмульгаторов, как при обработке нефти на нефтепромыслах. Как известно, деэмульгаторы, вводимые в эмульсию типа «масло-вода» в очень незначительных количествах существенно снижают устойчивость эмульсий этого типа. В этом отношении сложным является подбор деэмульгатора, так как для каждого вида особо устойчивой эмульсии, по-видимому, требуется подбор деэмульгаторов разного типа. В этой связи потребуется большое количество экспериментов, поскольку работы в этом направлении, именно для особо устойчивых эмульсий, не проводились. Это, с нашей точки зрения, наиболее перспективное направление. Другое направление связано с дальнейшим совершенствованием метода электронейтрализации.

Заключение

На основе выполненных исследований, а также ранее полученных результатов разработана технология очистки особо устойчивых эмульсий. Она основана на использовании комбинированного метода. Метод включает дополнительную обработку в электрофлотаторе с последующей электрообработкой в электронеутрализаторе. Обработка осуществляется в циклическом варианте и использовании двух отстойников. При этом возможны две модификации метода в зависимости от количества эмульсии, но исследован только базовый вариант. Два других варианта исследовались частично. Предложены два перспективных направления для дальнейшего совершенствования очистки особо устойчивых эмульсий. Данная технология может быть использована в производстве строительных материалов, производстве бетонных и железобетонных конструкций и других производствах, использующих особо устойчивые эмульсии.

Список библиографических ссылок

1. Mansour S. E., Hasieb I. H. I., Khalef H. A. Removal of cobalt from drinking water by alternating current coagulation // Journal of Applied Sciences. 2012. № 12. P. 78–79.
2. Nandi B. K., Patel S. Removal of brilliant green from aqueous solution by electrocoagulation using aluminum electrodes: experimental, kinetics, modeling // Separation Science technology. 2014. № 49. P. 601–612.
3. Merzouk B., Madani K., Seki A. Using electrocoagulation-electroflotation technology to treat synthetic solution and textile wastewater, two case studies // Desalination. 2010. № 250. P. 573–577.
4. Oaissa Y. A., Chabani M., Amrane A., Bensmaili. Removal of tetracycline by electrocoagulation: kinetic and isotherm modeling through adsorption // Round of Environmental Chemistry Engineering. 2011. № 2. P. 177–181.
5. Бусарев А. Г., Селюгин А. С., Сундукова Е. Н., Тухбатуллин Р. Ф. К вопросу очистки хромосодержащих сточных вод // Фундаментальные исследования. 2016. № 6. С. 36–41.
6. Захватов Г. И., Никитин Ю. В. Использование электронеутрализационного метода очистки стоков от нефтепродуктов на предприятиях электроэнергетики // Энергетик. 2015, № 7. С. 33–35.
7. Захватов Г. И. Влияние электрических и физических факторов на процесс электронеутрализационной очистки водных эмульсий // Научные исследования. 2016. № 10. С. 15–23.
8. Захватов Г. И., Никитин Ю. В. Электронеутрализационные установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов : сб. ст. IX Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности» / ПГСХА. Пенза, 2009. С. 86–88.
9. Захватов Г. И. Влияние pH-среды на устойчивость водных эмульсий при электрообработке // Успехи современной науки. 2016. № 11. Т. 14. С. 170–173.
10. Захватов Г. И., Никитин Ю. В. Использование электронеутрализационного метода для очистки сточных вод на предприятиях электроэнергетики // Энергетик. 2013. № 7. С. 33–35.

Zakhvatov German Ivanovich

doctor of technical science, professor

E-mail: avtel@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kotov Nikolai Viktorovich

doctor of physical-mathematical sciences, professor

E-mail: nvkotov@gmail.com

Kazan Federal University

The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlevskaya st., 16

The electroneutralization cleaning of most water emulsions

Abstract

Problem statement. Cleaning highly stable emulsions is the most difficult problem. Modern technologies are complex and costly. Of significant interest is the attempt to use the electroneutralization method for these purposes. This was motivated by the successful use of this method in other areas.

Results. In this work, emulsions based on NGL 205 emulsifier and industrial oils with additives were used. It was found that a pre-chemical treatment is required for the most stable emulsions. The destruction of the stability of such emulsions can be achieved by a complex method. This method includes chemical treatment, the subsequent electrochemical treatment using electrocoagulation or electro-flotation and the final electrolyte neutralization treatment. Sustainable emulsions based on industrial compositions can be destroyed by electrically neutralization in a cyclic manner. In this case, two sedimentation tanks are included in the scheme. In the first clarifier, 40 % of the most unstable part of the emulsion is separated, as well as suspended substances. The second settling tank is used in the cyclic process of processing by an electrolytic neutralization method. The optimal conditions for the use of the electrolytic neutralization process, as well as various options for using such a scheme, have been determined.

Conclusions. The value of the results obtained for the construction is that the developed technology can be used in the production of building materials and concrete structures using compositions that form stable emulsions, for example, in the lubrication of forms. The developed technology can be used for wastewater treatment of construction enterprises whose effluents contain emulsified contaminants that are not amenable to conventional purification methods, due to their increased stability.

Keywords: sewage treatment, emulsions, electrical treatment, electroneutralization.

References

1. Mansour S. E., Hasieb I. H. I., Khalef H. A. Removal of cobalt from drinking water by alternating current coagulation // Journal of Applied Sciences. 2012. № 12. P. 78–79.
2. Nandi B. K., Patel S. Removal of brilliant green from aqueous solution by electrocoagulation using aluminum electrodes: experimental, kinetics, modeling // Separation Science technology. 2014. № 49. P. 601–612.
3. Merzouk B., Madani K., Seki A. Using electrocoagulation-electroflotation technology to treat synthetic solution and textile wastewater, two case studies // Desalination. 2010. № 250. P. 573–577.
4. Oaissa Y. A., Chabani M., Amrane A., Bensmaili. Removal of tetracycline by electrocoagulation: kinetic and isotherm modeling through adsorption // Round of Environment Chemistry Engineering. 2011. № 2. P. 177–181.
5. Busarev A. V., Selugin A. S., Sundukova E. N., Tuhbatullin R. F. About the question of cleaning chromium-content wastewater // Fundamentalnye issledovaniya. 2016. № 6. V. 1. P. 36–41.
6. Zakhvatov G. I., Nikitin I. V. The using electroneutralization cleaning method of waste water from the oil products on electroenergy plants // Energetic. 2015. № 7. P. 33–35.
7. Zakhvatov G. I. The influence of electric and physical factors on the process of water emulsion cleaning by electroneutralization // Nauchnyy issledovaniya. 2016. № 10. P. 15–23.
8. Zakhvatov G. I., Nikitin I. I. The electroneutralization supplies for waste water cleaning from oil products : dig. of art. IX International scientific-practical conference «Ecology and lifesafety» / PGSHA, Penza, 2009. P. 86–88.
9. Zakhvatov G. I. The influence of pH-environment on the water emulsion stability at the electro treatment // Uspehi sovremennoi nauki. 2016. № 11. T. 14. P. 170–173.
10. Zakhvatov G. I., Nikitin Y. V. The using of electroneutralization method for wastewater cleaning on electric power enterprises // Energetic. 2013. № 7. P. 33–35.

УДК 628.334.5.336.43

Урмитова Назия Салиховна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: urmitova.50@gmail.com

Абитов Рунар Назилович

кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: a_runar@mail.ru

Низамова Аида Ханифовна

старший преподаватель

E-mail: nizamova_a_h@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Шагиева Лилия Дамировна

инженер

E-mail: mimosa-05@rambler

АО Нефтехимпроект

Адрес организации: 420061, Россия, г. Казань, ул. Н. Ершова, д. 29

Исследование процессов фильтрации и коалесценции нефтяной эмульсии в лабораторных условиях

Аннотация

Постановка задачи. Для увеличения нефтеотдачи и интенсификации процесса добычи нефти широко применяется метод поддержания пластового давления (ППД), который осуществляется путем заводнения нефтяных пластов. Для этих целей, в основном, используются нефтесодержащие сточные воды (НСВ), которые образуются при добыче и подготовке нефти. С целью предотвращения засорения поровых каналов нефтеносных горизонтов НСВ необходимо подвергать очистке от нефтепродуктов и механических примесей. Данная статья посвящена отработке методики отбора проб во время пуско-наладочных работ, а также во время эксплуатации установок очистки НСВ с крупнозернистыми гранулированными коалесцирующими насадками в производственных условиях.

Результаты. Основные результаты данных исследований состоят в определении момента отбора проб во время эксперимента, полидисперсности нефтяной эмульсии после коалесцирующей насадки и эффективности процесса коалесценции.

Выводы. Значимость полученных результатов исследования для строительной отрасли при проектировании очистки сооружений водоотведения заключается в определении времени пребывания частиц нефти в коалесцирующей загрузке, что позволило отработать методику постановки экспериментов исследования процесса коалесценции нефтяных частиц в крупнозернистых гранулированных коалесцирующих насадках в производственных условиях.

Ключевые слова: методика постановки эксперимента, нефтесодержащие сточные воды (НСВ), полидисперсность, эффект коалесценции, отстаивание, предварительная обработка, коалесценция, коалесцирующая насадка, гидрофобизированный, напорный коалесцирующий фильтр, нефтяная эмульсия.

Введение

В современном мире остро ощущается потребность в утилизации больших объемов нефтесодержащих сточных вод. Развитие нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, увеличение объемов перевозки, хранения и использовании нефтепродуктов неизбежно связаны с образованием значительного количества нефтесодержащих сточных вод, повторное использование которых или сброс в водоем возможны только при соответствующей очистке. Наибольший вклад в загрязнение водных объектов вносят предприятия жилищно-коммунального хозяйства,

нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. В Республике Татарстан имеется огромное количество крупнейших промышленных предприятий химии и нефтехимии, энергетики и машиностроения, строительного комплекса, которые устойчиво развиваются. С развитием экономики и с недостаточным вниманием к экологии относительно быстро загрязняются поверхностные и подземные воды, воздух и почва. По состоянию на 01.01.2017 нефтедобывающими предприятиями Республики Татарстан обеспечены объемы [1]:

- добычи нефти в объеме 35,51 млн. т (при годовом плане 33,75 млн. т);
- эксплуатационного бурения – 1179,0 тыс. м (при годовом плане 1036,0 тыс. м);
- поисково-разведочного и оценочного бурения – 39,9 тыс. м (при годовом плане 25,6 тыс. м).

Около 90 % нефти добывается на месторождениях с использованием методов заводнения нефтяных пластов для поддержания пластового давления. Однако применение методов заводнения приводит к росту обводненности добываемой нефти и объемов пластовых вод, попутно извлекаемых с нефтью. При добыче нефти с обводненностью до 95-99 % и подготовке нефти в нефтедобывающей промышленности по стране образуется огромное количество нефтесодержащих сточных вод (НСВ), т.е. более 1,2 млрд. м³/год [1, 2, 6]. При разработке нефтяных месторождений и заводнении нефтяных пластов часть нефтесодержащих вод попадают в водоносные пласты. Поэтому подземные воды Республики Татарстан загрязнены примерно на 1,5 % вредными веществами. В состав нефтесодержащих стоков входят: пластовые (82-85 %), промышленные (12-15 %) и поверхностные (1,5-3 %) воды [1-3]. Метод заводнения нефтяных пластов решает сразу два вопроса: это – увеличение нефтеотдачи пласта и утилизация нефтесодержащих сточных вод с целью защиты окружающей среды.

Требования к качеству НСВ, закачиваемых в пласт

К качеству закачиваемой в нефтяные горизонты очищенной нефтесодержащей сточной воды предъявляются требования, которые зависят, в основном, от применяемой технологии заводнения. Основными критериями к качеству закачиваемой в нефтеносные горизонты НСВ являются стабильное обеспечение вытеснения нефти из пласта, а также обеспечение необходимого оптимального давления при вытеснении нефти, должной приемистости нагнетательных скважин при необходимых объемах очищенных НСВ для данного объекта. Качество очистки НСВ должно быть связано с проницаемостью и трещиноватостью пласта, размерами трещин, мощностью пласта, наличием поверхностно-активных веществ (ПАВ), нефтепродуктов, механических примесей. Качество очистки НСВ из-за сложных физико-химических процессов взаимодействия нагнетаемой очищенной воды с нефтяным пластом, большим диапазоном коллекторских свойств пласта необходимо рассматривать для определенного объема заводнения для каждого объекта по отдельности. Для заводнения нефтеносных горизонтов из нефтесодержащих стоков, в основном, удаляют только плавающую нефть и механические примеси, а растворенную нефть не удаляют, так как она не влияет на приемистость нагнетательных скважин. В практике очистки НСВ больше всего используется метод очистки сточных вод отстаиванием, так как он наиболее простой, дешевый и наиболее простой при эксплуатации [2, 3].

Интенсификация процессов очистки НСВ

Интенсифицировать процесс очистки нефтесодержащих сточных вод можно путем предварительной гидродинамической обработки НСВ перед сооружениями очистки при турбулизации потока в различных установках, аппаратах. К перспективным направлениям интенсификации работы отстойных сооружений относится использование в них коалесцирующих насадок, способствующих уменьшению дисперсности нефтепродуктов и повышению качества воды. Турбулентные пульсации способствуют протеканию в объеме потока НСВ следующих процессов: ослаблению бронирующих оболочек и межмолекулярных связей между компонентами бронирующих оболочек глобул нефти, способствует снижению прочности и разрушению оболочек в результате их деформации

(растяжения, сжатия) при дроблении капель; улучшению условия взаимного эффективного столкновения и коалесценции в связи с возникновением турбулентных пульсаций и струйных потоков разной интенсивности, а увеличение же жесткости контакта капель при столкновении их увеличивает частоту эффективных столкновений.

Предварительная обработка НСВ уменьшает количества тонкодиспергированных полидисперсных частиц нефти в осветляемой воде и увеличивает количество монодисперсных частиц, что интенсифицирует процесс отстаивания в 2 и более раза [2-4].

Виды коалесцирующих насадок

Для интенсификации процесса коалесценции и повышения качества очистки НСВ отстаиванием широко применяются гидродинамические и контактные коалесцирующие насадки различных конструкций из гранулированных, пористых и волокнистых полимерных материалов в различных конструкциях отстойников.

Гидродинамические коалесцирующие насадки

Принцип действия гидродинамических насадок основан на принудительном сближении диспергированных в воде частиц нефтепродуктов при фильтрации эмульсии через пористые перегородки (насадки). При этом за счет энергии потока и небольшого размера пор частицы контактируют и, сливаясь, выходят из насадки более крупные. В качестве таких насадок использовали битое стекло, битую черепицу, твердые породы камня, металлическую стружку, стеклянные шарики, кольца Рашига. Эффект коалесценции в таких насадках во многом зависит от режима течения жидкости в нем. Так, небольшая скорость движения жидкости в поровых каналах может не обеспечить условий для слияния частиц, так как энергии потока недостаточно для разрушения их бронирующих оболочек. Очень высокая скорость вызывает вторичное диспергирование частиц, что отрицательно влияет на процесс их отделения при отстаивании. Из-за сложности обеспечения оптимальных гидродинамических условий в потоке жидкости в очистных сооружениях этот тип насадок не нашел широкого применения.

Контактные коалесцирующие насадки

Принцип действия контактных коалесцирующих насадок основан на использовании явления адгезии и смачивания дисперсной фазы при контакте ее с поверхностью материала насадки. Адгезия и смачивание характеризуются поверхностным натяжением контактирующих тел и краевым углом смачивания, который является мерой смачивания и служит одним из основных его показателей. Величина краевого угла смачивания определяется соотношением сил притяжения жидкости к твердой поверхности и сил взаимного притяжения частиц самой жидкости. Связь между молекулярным взаимодействием жидкости и твердого тела и характером смачивания выявляется особенно отчетливо при избирательном смачивании, когда с твердой поверхностью одновременно контактируют две жидкости, различные по молекулярной природе, т.е. полярная жидкость – вода и неполярная – масло (нефтепродукты).

Более стабильным показателем свойств твердой поверхности при взаимодействии ее с жидкостью служит поверхностное натяжение твердого тела, по которому поверхности классифицируют на высокоэнергетические и низкоэнергетические. К высокоэнергетическим относят металлы, поверхности которых характеризуются поверхностным натяжением в пределах от 100 до 500 мДж/м². Низкоэнергетическими свойствами обладают поверхности твердых полимеров и органических соединений, у которых поверхностное натяжение менее 100 мДж/м².

Энергетические свойства поверхности материала в значительной мере определяют степень избирательной смачиваемости жидкостями. Так, высокоэнергетические поверхности хорошо смачиваются водой и относятся к гидрофильным поверхностям, низкоэнергетические предпочтительно смачиваются нефтепродуктами, т.е. являются гидрофобными.

Высокая избирательная смачиваемость полимерных материалов нефтепродуктами послужила основанием для использования их в коалесцирующих насадках. В качестве

материалов насадок преимущественное распространение получили полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид и другие полимеры этой группы.

Эффективность насадок во многом зависит от поверхностного натяжения на границе раздела фаз. Снижение поверхностного натяжения способствует замедлению коалесценции и вызывает образование стойких тонкодисперсных эмульсий.

Таким образом, эффективность насадок зависит от многих факторов, в том числе от физико-химических свойств эмульсии, скорости фильтрации и структуры материала насадки.

По структуре применяемого материала гидрофобные коалесцирующие материалы можно классифицировать на следующие основные типы: волокнистые, вязанные, пористые и гранулированные. В насадках первого типа используются волокнистые материалы предпочтительно с ворсистой поверхностью волокон. Вязанные насадки образованы плетением из полимерных нитей специальной пористой структуры. При изготовлении вязанных насадок в отдельных случаях используются комбинированные материалы, например полимерные и стальные нити. В качестве материалов пористых насадок могут служить жесткие материалы, специально изготовленные путем прессования или склеивания полимеров, и эластичные материалы типа пенополиуретанов. В гранулированных насадках используются гранулированные полимерные или гидрофобизированные материалы.

Выбор типа насадок определяется прежде всего требованиями к качеству очистки жидкости, ее составом и свойствами, режимом фильтрации. Важными факторами, определяющими эффективность применения насадок, являются продолжительность сохранения фильтрующей способности, возможность и простота регенерации. Так, волокнистые и вязанные насадки при их значительном воздействии на качество очистки стойких нефтесодержащих эмульсий склонны к быстрому загрязнению и сложны в эксплуатации. Поэтому они применяются в основном в технологических процессах обработки стойких, тонкодиспергированных эмульсий, свободных от механических примесей.

Более универсальны гранулированные насадки, отличающиеся меньшей чувствительностью к изменению состава эмульсии, условий загрузки и выгрузки материала, простотой регенерации. Для них предпочтительна более высокая скорость фильтрации, что препятствует накоплению механических примесей в теле насадки и обеспечивает длительную эксплуатацию без восстановления фильтрующей способности. Этот тип насадок наиболее приемлем для очистки нефтепромысловых сточных вод, когда условия эксплуатации очистных устройств требуют максимально возможной продолжительности работы без регенерации.

Из-за отсутствия эффективных коалесцирующих материалов метод ускорения отстаивания нефтесодержащих вод за счет применения контактных насадок некоторое время широко не применялся. С появлением полимерных материалов на основе углеводородных соединений, обладающих ярко выраженными гидрофобными свойствами, интерес к коалесцирующим насадкам резко возрос. Они стали применяться при очистке нефтесодержащих сточных вод предприятий добычи и переработки нефти, балластных, льяльных и промывных вод на судах и нефтеперевалочных базах.

Среди гранулированных полимерных материалов на основе углеводородных соединений, выпускаемых отечественной промышленностью, наиболее доступными и целесообразными для использования в насадках с экономической точки зрения и обладающие высокими гидрофобными свойствами и достаточной стойкостью к температурному и химическому воздействию сточных вод, являются полиэтилен, полипропилен и полистирол, близкие по смачиваемости и адгезионным свойствам. Наименее дефицитный и дешевый из них – полиэтилен, характеризующийся следующими свойствами: теплостойкость к размягчению 100-110 °С; краевой угол смачивания в системе вода-полиэтилен равняется 114°; насыпная объемная масса 500-550 кг/м³; средний диаметр гранул 4 мм.

Полимерные материалы, которые могут быть использованы в качестве коалесцирующих загрузок выпускаются в стране диаметром 2-5 мм, а диаметром более 5 мм не выпускаются, что бы решило сложный вопрос саморегенерации коалесцирующих насадок [3, 4].

При очистке НСВ контактные коалесцирующие насадки применяют как предварительный этап обработки сточных вод перед отстойниками, а также они используются вместе с тонкослойными блоками, гидроциклонами, цилиндрическими камерами, жидкой контактной массой, флотацией, сепарацией и др. [4-10].

Результаты разработки и изготовления новых коалесцирующих материалов

С целью дальнейших исследований процессов фильтрации и коалесценции в коалесцирующих насадках с крупными гранулированными материалами в КГАСУ на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» были разработаны ряд коалесцирующих загрузок: полиэтилен вторичный (ПЭВ) фракций – 5-7 мм, 5,5-10 мм; гидрофобизированный дробленый керамзит (ГДК) фракций 3-5 мм, 5-10 мм; гидрофобизированный недробленый керамзит (ГНДК) фракций 10-15 мм, 15-20 мм, 20-25 мм; 25-40 мм; керамический наполнитель, покрытый полиэтиленом фракций (КЗСППЭ) 15-20 мм [2, 3].

Описание экспериментальной установки

С целью дальнейших исследований процесса коалесценции в крупнозернистых гранулированных загрузках в КГАСУ на кафедре «Водоснабжение и водоотведение» была запроектирована, разработана технологическая схема экспериментальной установки исследования процессов фильтрации и коалесценции. Были разработаны и изготовлены рабочие чертежи напорного коалесцирующего фильтра (рис.), изготовлен и смонтирован напорный коалесцирующий фильтр.

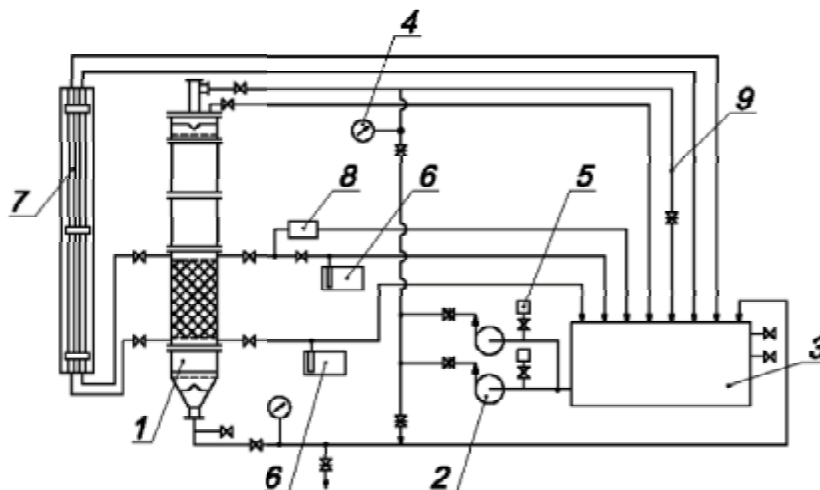


Рис. Технологическая схема экспериментальной установки исследования процессов фильтрации и коалесценции: 1 – напорный коалесцирующий фильтр; 2 – насосы; 3 – емкость для исходной нефтяной эмульсии; 4 – образцовые манометры; 5 – устройство дозирования нефти; 6 – узлы диспергированного контроля; 7 – пьезометр; 8 – узел измерения и фиксации концентрации индикатора; 9 – линия опорожнения установки (иллюстрация авторов)

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Водоснабжение и водоотведение» в двух направлениях, т.е. сначала проводились исследования структуры потока воды, далее исследования по определению процесса коалесценции с нефтяной эмульсией.

Напорный коалесцирующий фильтр диаметром 309 мм состоит из трех частей: верхней – распределителя; средней – в зависимости от высоты загрузки (0,6; 0,8; 1,0 м) из нескольких секций; нижней – днища. Верхняя и нижняя части фильтра оборудованы центрально расположенным отражателем и распределителем потока.

Для отбора проб разработаны специальные щелевые пробоотборники и установлены пробковые краны с круглым, проходным сечением.

С целью исключения пристеночного эффекта, возникающего при фильтрации рабочей жидкости, а также создания шероховатости, внутренняя поверхность фильтра покрыта эпоксидной смолой с последующим приклеиванием гранулированного материала.

Для определения дисперсионного состава эмульгированной нефти отбирались пробы в седиментационные цилиндры Спильнера за выбранные промежутки времени.

Концентрация нефтепродуктов в эмульсии определялась экстрагированием четыреххлористым углеродом и определением на лабораторном фотоэлектрическом абсорбциометре нефелометре ЛМФ-69.

Все анализы определялись согласно методикам определения данных показаний.

Исследование процессов фильтрации

Первоначально, для правильного отбора проб эмульсии на выходе из коалесцирующей загрузки с учетом времени пребывания частиц нефти в загрузке, исследовалась структура фильтрационного потока. Для определения времени пребывания частиц нефти в коалесцирующей загрузке экспериментальная установка была оборудована узлом для ввода измерения и фиксации концентрации индикатора. В качестве индикатора применялся химически чистый хлористый натрий.

Для исследования структуры потока использовались полиэтилен фракции 3-5 мм и гидрофобизированный недробленый керамзит фракции 10-15 мм при высоте слоя коалесцирующей загрузки 0,6 и 0,8 м. При этом скорость фильтрации через коалесцирующую насадку колебалась от 15 до 140 м/ч.

На основе результатов опытов по определению структуры потока получена возможность определения момента отбора проб эмульсии в исследованиях процесса коалесценции.

Экспериментальные исследования показали, что для обеспечения надежности и достоверности результатов анализов нужно отбирать в области среднего времени пребывания частиц в загрузке.

Исследование процессов коалесценции

Для исследования процесса коалесценции в напорном коалесцирующем фильтре была подготовлена нефтяная эмульсия на основе нефти Павловского цеха комплексной подготовки и перекачки нефти нефтегазодобывающего управления (НГДУ) «Актюбанефть» ПО «Татнефть» РТ.

Исследования процесса коалесценции с нефтяной эмульсией в напорном коалесцирующем фильтре в лабораторных условиях проводились следующим образом: принята загрузка – полиэтилен (ПЭ) фракции 3-5 мм, высота слоя загрузки – 0,6; 0,8 и 1,0 м; ГДК фракции 3-5 мм, высота слоя загрузки – 0,8 и 1,0 м; ПЭВ фракции 5-7 мм, высота слоя загрузки – 0,8 м.

Скорость фильтрации колебалась от 15,44 до 129,73 м/ч; плотность нефтяной эмульсии составляла 0,997-0,999 г/см³; плотность нефти 0,897-0,904 г/см³; концентрация нефти в эмульсии составляла 32,24 до 1086,38 мг/л, температура нефтяной эмульсии менялась от 10-и до 25-и градусов.

Результаты экспериментальных исследований процесса коалесценции в лабораторных условиях представлены в таблице.

Данные результатов экспериментальных исследований показывают, что независимо от сложных изменяющихся условий эксперимента коэффициент полидисперсности на выходе из коалесцирующей насадки в зависимости от вида загрузки уменьшается до 2-х и более раз, т.е. наблюдается сглаживание полидисперсности внутренней фазы эмульсии и увеличивается монодисперсность нефтяных частиц, что увеличивает эффект отстаивания.

Таблица

**Результаты исследований процесса коалесценции нефтяных частиц
в коалесцирующей насадке**

Коалесцирующая загрузка, фракционный состав	Высота загрузки, H , м	Скорость фильтрации, V , м/ч	Температура эмульсии, t , °C	Концентрация нефти, мг/л		Коэффициент полидисперсности		Эффект коалесценции, ε_k
				на входе в насадку	на выходе из насадки	на входе в насадку	на выходе из насадки	
ПЭ фракции 3-5 мм	0,6	15,44	24,5	188,05	170,72	7,92	10,46	0,65
		32,98	25,0	244,72	212,17	9,40	9,89	1,23
		65,96	25,0	100,99	93,62	10,44	9,89	0,83
		92,66	21,5	78,66	51,63	10,53	11,10	1,26
		117,94	20,0	76,80	95,91	10,30	8,24	2,04
	0,8	19,46	10,5	95,04	52,91	9,44	12,42	0,77
		48,65	10,0	78,53	55,96	9,92	6,94	1,47
		97,30	16,0	423,68	453,24	9,39	8,31	1,14
		108,11	10,0	32,24	28,62	10,82	8,81	1,26
		121,62	21,0	63,88	65,02	7,69	5,71	1,67
ГДК фракции 3-5 мм	0,8	22,19	17,5	240,39	119,62	7,00	8,40	0,81
		43,89	18,0	679,62	373,51	5,07	5,78	1,17
		75,28	18,0	860,73	645,17	11,56	11,56	1,24
		97,00	18,0	1004,82	1023,37	7,78	11,05	0,86
ПЭВ фракции 5-7 мм	0,8	29,94	17,0	407,54	312,82	5,44	6,84	0,96
		55,60	17,0	543,17	203,76	5,72	7,85	1,27
		87,20	17,0	1086,37	824,16	9,22	8,15	1,52
		129,73	17,0	911,96	974,24	9,22	10,60	0,84

Закключение

Экспериментальные исследования в лабораторных условиях структуры потока, а также процесса коалесценции в напорном коалесцирующем фильтре позволили отработать методику постановки экспериментов исследования процесса коалесценции нефтяных частиц в крупнозернистых гранулированных коалесцирующих насадках в производственных условиях, а также определить наиболее выгодные скорости фильтрующего потока, высоту слоя загрузки и ряд других параметров.

Список библиографических ссылок

1. www.eco.tatarstan.ru. Годовой отчёт за 2016 год по экологическому состоянию территорий и использование природных ресурсов Республики Татарстан.
2. Урмитова Н. С., Абитов Р. Н., Низамова А. Х., Хабибуллин Р. Р. Использование крупнозернистых коалесцирующих материалов в установках очистки нефтепромысловых сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 4. С. 20–24.
3. Урмитова Н. С., Абитов Р. Н., Низамова А. Х. Предварительная обработка нефтесодержащих сточных вод в коалесцирующих насадках перед отстаиванием : сб. трудов IX Международного конгресса «Чистая вода. Казань». Казань : ООО «Новое знание», 2018. С. 48–51.
4. Урмитова Н. С., Абитов Р. Н., Низамова А. Х. Коалесцирующие материалы, применяемые в насадках установок очистки нефтесодержащих сточных вод: сб. трудов XII Международной научно-технической конференции памяти академика РАН С. В. Яковлева «Яковлевские чтения» / НИУ МГСУ. Москва, 2017. С. 912.
5. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Каюмов Ф. Ф. Исследование процессов очистки нефтепромысловых сточных вод в напорных гидроциклонах, работающих со свободным изливом // Вода: химия и экология. 2015. № 11. С. 30–34.

6. Busarev A. V., Selyugin A. S., Abitov R. N.. Highly-watered oil dehydration with the treatment of separated stratal water in hydrocyclone units // Water and Ecology. 2015. № 4. P. 62–67.
7. Бусарев А. В., Селюгин А. С., Шешегова И. Г., Урмитова Н. С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтяных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. 2015. № 4. С. 199–215.
8. Sheng-Ming B., Chi, Robin R. Oder. Particulate separations by electrostatic coalescence // PATENTS.GOOGLE.COM daily. Internet-edit. 1992. URL: <https://patents.google.com/patent/US5147045> (дата обращения: 23.10.2018).
9. Liu Yanghong. Separation of Water – in – Heavy oil emulsions using porous particles in coalescence column // PRISM.UCALGARY.CA : daily. Internet-edit. 2014. URL: <https://prism.ucalgary/handle/11023/1376> (дата обращения: 23.10.2018).
10. Coalescing oil water separators : patent 5,266,191 of the United States of America. № 5,433,845 ; decl. 27.08.1992.

Urmitova Naziya Salihovna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: urmitova.50@gmail.com

Abitov Runar Nazilovich

candidate of pedagogical sciences, associate professor

E-mail: a_runar@mail.ru

Nizamova Aida Khanifovna

senior lecturer

E-mail: nizamova_a_h@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Shagieva Liliya Damirovna

engineer

E-mail: mimosa-05@rambler

AO Neftehimproekt

The organization address: 420061, Russia, Kazan, N. Ershova st., 29

Investigation of filtration and coalescence processes oil emulsion in the laboratory**Abstract**

Problem statement. For increasing oil recovery and intensifying the process of oil production, the method of reservoir pressure maintenance (PPM) is widely used, which is carried out by water flooding of oil reservoirs. For these purposes, mainly used oily wastewater (NSW), which are formed during the extraction and preparation of oil. In order to prevent the pore channels of the oil-bearing horizons from clogging, the NSV must be cleaned of petroleum products and mechanical impurities. This article is devoted to the development of sampling techniques during commissioning, as well as during the operation of the NWS purification plants with coarse-grained granular coalescing nozzles in a production environment.

Results. The main results of these studies are to determine the moment of sampling during the experiment, the polydispersity of the oil emulsion after the coalescing packing, and the efficiency of the coalescence process.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry in the design of wastewater treatment plants is to determine the residence time of oil particles in a coalescing load, which allowed us to work out a methodology for conducting experiments to study the process of coalescence of oil particles in coarse grained granular coalescing packing in production conditions.

Keywords: experimental design, oily wastewater (NSV), polydispersity, coalescence effect, settling, pretreatment, coalescence, coalescing packing, water-repellent, pressure coalescing filter, oil emulsion.

References

1. www.eco.tatarstan.ru. Annual report for 2016 on the ecological status of the territories and the use of natural resources of the Republic of Tatarstan.
2. Urmitova N. S., Abitov R. N., Nizamova A. Kh., Khabibullin R. R. Using coarse materials in oilfield wastewater treatment plants. // Water Supply and Sanitary Engineering. 2018. № 2. P. 20–24.
3. Urmitova N. S., Abitov R. N., Nizamova A. Kh. Pre-treatment of oily wastewater in coalescing nozzles before settling : collection of works of IX International Congress «Clean Water. Kazan». Kazan : New Knowledge LLC, 2018. P. 48–51.
4. Urmitova N. S., Abitov R. N., Nizamova A. Kh. Coalescing materials used in the nozzles of plants for the treatment of oily wastewater: collection of works of the XII International Scientific and Technical Conference in Memory of Academician of the Russian Academy of Sciences Sergey Yakovlev «Yakovlev Readings» / National Research University MGSU. Moscow, 2017. P. 912.
5. Busarev A. V., Selyugin A. S., Kayumov F. F. Investigation of oilfield wastewater treatment processes in pressure hydrocyclones working with a free spout // Water: chemistry and ecology. 2015. № 11. P. 30–34.
6. Busarev A. V., Selyugin A. S., Abitov R. N.. Highly-watered oil dehydration with the treatment of separated stratal water in hydrocyclone units // Water and Ecology. 2015. № 4. P. 62–67.
7. Busarev A. V., Selyugin A. S., Sheshegova I. G., Urmitova N. S. Hydrocyclone installations preparation of water for flooding of oil-bearing horizons in order to increase their oil recovery // Oil and Gas Business. 2015. № 4. P. 199–215.
8. Sheng-Ming B., Chi, Robin R. Oder. Particulate separations by electrostatic coalescence // PATENTS.GOOGLE.COM daily. Internet-edit. 1992. URL: <https://patents.google.com/patent/US5147045> (reference date: 23.10.2018).
9. Liu Yanghong. Separation of Water – in – Heavy oil emulsions using porous particles in coalescence column // PRISM.UCALGARY.CA : daily. Internet-edit. 2014. URL: <https://prism.ucalgary/handle/11023/1376> (reference date: 23.10.2018).
10. Coalescing oil waterseparators : patent 5,266,191 of the United States of America. № 5,433,845 ; decl. 27.08.1992.



УДК 691.32

Богданов Руслан Равильевич

ассистент

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Пашаев Антон Владимирович

инженер

E-mail: pashaev9700@mail.ru

Журавлев Максим Владимирович

инженер

E-mail: maximzhuravl@yandex.ru

Калимуллин Айрат Арлионович

инженер-технолог

E-mail: fluwow@yandex.ru

ООО «ТАТБИО»

Адрес организации: 420054, Россия, г. Казань, ул. Авангардная, д. 80/1

Гиперпластификаторы на основе эфира поликарбоксилата и полиарила и их влияние на физико-технические свойства цементных композиций

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить влияние гиперпластификаторов на физико-технические свойства (процессы гидратации цемента, сроки схватывания и нормальную плотность, предел прочности при изгибе и сжатии) цементных композиций.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что определены эффективные гиперпластификаторы и их оптимальное количественное содержание. Так, по результатам эксперимента наиболее эффективными определены добавки «АСЕ 430» и «МР 3040». Экспериментальные исследования кинетики тепловыделения при гидратации цемента показали, что величина температурного максимума в составах с исследуемыми добавками выше по сравнению с контрольным составом. При этом введение добавки «МР 3040» на основе эфира полиарила приводит также к увеличению контракции цементного теста. Наибольший прирост предела прочности при изгибе (на 20-23 % выше контрольного образца) и сжатии (на 83-85 % выше контрольного образца) мелкозернистого бетона наблюдается при введении добавки «АСЕ 430» в дозировке 1-1,5 % от массы цемента.

Выводы. Значимость полученных результатов работы для строительной отрасли заключается в установлении вида и оптимального количественного содержания гиперпластификатора и определении влияния на физико-технические свойства цементных композиций. Установлено, что наибольший водоредуцирующий эффект, а также прирост прочности при изгибе и сжатии наблюдается при введении добавок «АСЕ 430» и «МР 3040» в количественном содержании 1-1,5 % от массы цемента.

Ключевые слова: модификация, добавки, гиперпластификатор, цементное тесто, гидратация.

Введение

В настоящее время неотъемлемым компонентом высокофункциональных бетонов являются химические добавки [1, 2]. Среди них особое место занимают пластифицирующие добавки. Эффективные суперпластификаторы позволяют добиться увеличения подвижности бетонной смеси, увеличения плотности и долговечности бетонов в дальнейшем использовании, сохраняя низкое водоцементное отношение, получить высокопрочные бетоны при использовании разных видов и марок портландцемента [3-7]. Для экспериментальных исследований из широкого ассортимента пластифицирующих добавок были выбраны современные гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилата и полиариала, как наиболее эффективные по водоредуцирующему эффекту и увеличению подвижности [4, 7, 8].

Разная степень действия гиперпластификаторов объясняется различием их химической основы. Зарубежные модификаторы представляют собой полиэфиркарбоксилаты, их эффективность обусловлена длиной полимерных цепочек, обеспечивающих диспергирующее действие на агрегированные частицы цемента и их раздвижку, а также более полное покрытие поверхности частиц с формированием сольватных оболочек и высвобождения свободной воды в системе [1, 2]. В результате данных воздействий существенно увеличивается подвижность и исключается возможность формирования коагуляционных структур за счет взаимодействия частиц между собой. Таким образом, показана возможность получения цементных растворов с минимальными значениями вязкости, что необходимо для получения самоуплотняющихся растворных смесей. Обоснована необходимость применения суперпластифицирующих добавок на поликарбоксилатной основе для обеспечения максимальной подвижности смеси, введение которых в состав смесей позволяет снизить начальную вязкость смесей до 10 раз [9].

Применение суперпластификаторов и комплексных органоминеральных модификаторов дает возможность получить бетоны с высокой прочностью и с высокими эксплуатационными характеристиками [2, 9, 10]. За счет этого можно получить снижение использования арматуры и использования цемента в бетонных конструкциях [10].

Вначале 2000-х актуальным и востребованным стало применение монолитного домостроения с применением различных добавок. Большой выбор разных видов суперпластификаторов (СП) и гиперпластификаторов (ГП) усложнял работу технологам, потому что оценку эффективности нельзя было сделать по всем параметрам. Широкий ассортимент видов суперпластификаторов (СП) и гиперпластификаторов (ГП) затруднял работу практиков, так как оценка эффективности не охватывала всех параметров. В связи с этим ученые разработали новый метод, который позволял оценить эффективность любых добавок СП и ГП при взаимодействии с определенным цементом для широкого спектра характеристик [1, 2].

В современном мире в большинстве случаев используют гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилата [5, 8]. Учеными было выявлено новые особенности гиперпластификаторов, которые увеличивают раннюю прочность бетона, снижают водоцементное соотношение (ВЦ) и расход цемента при добавлении в малом количестве гиперпластификатора, что приводит к получению оптимальных физико-механических свойств в бетоне [8, 9].

По сравнению с другими пластифицирующими добавками, у гиперпластификаторов большим плюсом является то, что он существенно снижает стоимость производства бетона, а так же трудоемкость.

Чтобы правильно подобрать пластифицирующую добавку, нужно учитывать их эффективность в зависимости от вида заполнителей цементных композиций и цемента [8]. Уменьшение водоцементного отношения позволяет увеличить прочность. При использовании суперпластификаторов на основе эфира полиарила, уменьшается водоцементное отношение [3, 7, 9]. При этом гиперпластификатор на основе полиарила менее чувствителен к виду цемента. Большую эффективность показывает добавка MasterPolyheed 3040 на основе эфира полиарила, которая позволяет снизить водоцементное соотношение и вязкость бетонной смеси на 25-30 %. За счёт низкой цены состава смеси, уменьшается стоимость производства бетона, уменьшается время уплотнения и укладки бетона, тем самым делает ее очень эффективным.

Цель работы – изучение влияния современных гиперпластификаторов на физико-технические свойства цементного теста, камня и мелкозернистого бетона. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать влияние гиперпластификаторов на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, а также определить предел прочности цементного камня в возрасте 28 суток;
- исследовать влияние модификаторов на процессы гидратации цемента методами термостной калориметрии и определением контракции цементного теста;
- исследовать влияние модификаторов на предел прочности при изгибе и сжатии мелкозернистого бетона в возрасте 7 и 28 суток.

Методы, материалы и оборудование, применяемые в исследовании

В качестве вяжущего использовали портландцемент ЦЕМ II/A-III 32,5Б и ЦЕМ II/A-III 42,5Н (ГОСТ 31108-2016) производства ОАО «Сухоложскцемент», далее цементы будут обозначены Ц1 и Ц2. В состав цемента Ц1 входят основные минералы: C_3S – 62 %, C_2S – 14,7 %, C_3A – 5,5 %, C_4AF – 12,7 % и добавки: доменный шлак – 15,1 %, пуццолан (трепел) – 2,9%, SO_3 – 2,9 %. В состав цемента Ц2 входят основные минералы: C_3S – 65,6 %, C_2S – 11,7 %, C_3A – 6,5 %, C_4AF – 11,3 % и добавки: доменный шлак – 15,5 %, известняк – 3 %, SO_3 – 3,0 %.

В качестве модификаторов в исследованиях использованы следующие добавки:

- MasterGlenium® ACE 430 в виде водного раствора поликарбоксилатного эфира, который имеет светло-коричневый цвет. Рекомендуемое количественное содержание добавки 0,2-1 % от веса цемента (ООО «БАСФ Строительные системы»);

- Glenium® MasterPolyheed® 3040 в виде водного раствора эфира полиарила, который имеет желтый цвет. Рекомендуемое количественное содержание добавки 0,3-2,0 % от массы цемента (ООО «БАСФ Строительные системы»);

- РС 2016 в виде порошкового продукта, полученного методом распылительной сушки на основе поликарбоксилатного эфира, Рекомендуемое количественное содержание 0,16-0,5 % от массы цемента (ООО «Новые технологии»). Далее добавки будут обозначены ACE 430, МР 3040, РС 2016 соответственно.

Нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста с пластифицирующими добавками изучали при помощи прибора Вика согласно ГОСТ 310.3. Кинетика тепловыделения цементного теста исследовалась с помощью измерительного комплекса «Термохрон DS1921». Контракцию цементного теста изучали на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз», по методике МИ 2486-98 и МИ 2487-98. Предел прочности при сжатии цементного камня определяли на образцах кубиках, размером 2×2×2 см. Прочность при сжатии и изгибе цементно-песчаного раствора определяли на образцах балочках, размерами 4×4×16 см по ГОСТ 310.4.

Результаты исследования влияния комплексного модификатора на процессы гидратации цемента

Проведены экспериментальные исследования влияния гиперпластификаторов на изменение нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста (табл. 1).

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что водопотребность цементного теста снижается на 26-30 % при содержании добавки ACE430 в количестве 1,5 % от массы цемента Ц1, а для цемента Ц2 водопотребность снижается на 14-18 % при содержании добавки 1-1,5 % ACE 430. Начало схватывания Ц1 с добавкой ACE 430 увеличивается на 30-170 мин, а с Ц2 – увеличивается на 120-250 мин.

Оптимальным содержанием добавки МР 3040, как видно в таблице 1, является ее содержание 1-1,5 % от массы Ц1. При данном содержании добавки наблюдается снижение водопотребности цементного теста на 31-33 % для Ц1, а для содержания добавки МР 3040 как видно из таблицы 1, является 1-1,5 % от массы Ц2. В данном случае наблюдается снижение водопотребности цементного теста на 16-18 % для Ц2. Сроки схватывания Ц1 при введении добавки МР 3040 увеличиваются, начало схватывания на 50-370 мин., конец схватывания на 20-280 мин, а для Ц2 при введении той же добавки начало (100-260) и конец (60-270) схватывания увеличиваются,

При содержании добавки РС2016 в количестве 0,3-0,4 5% от массы Ц1 наблюдается снижение водпотребности цементного теста на 13-15 %. Для Ц2 при содержании идентичной добавки в количестве 0,3-0,45 % снижается водопотребность цементного теста на 10-11 %. Сроки схватывания при введении добавки РС 2016 увеличиваются, для Ц1 начало схватывания на 70-120 мин, конец схватывания на 120-150 мин, а для Ц2 начало схватывания увеличивается на 120-150 мин, а конец схватывания на 120-320 мин.

По результатам эксперимента видно, что по интенсивности снижения водопотребности цементного теста исследуемые гиперпластификаторы располагаются в следующей убывающей последовательности: ACE 430, МР 3040, РС 2016. Для всех исследуемых модификаторов характерно значительное увеличение сроков схватывания цементного теста.

Таблица 1

**Влияние добавок на изменение нормальной густоты (Н.Г.)
и сроков схватывания цементного теста**

№ п/п	Наименование добавки	Содержание добавок, %	Н.Г. %	Сроки схватывания	
				Н.С.*	К.С.*
1	-	-	<u>29,00</u> 25,50	<u>150</u> 160	<u>270</u> 260
2	АСЕ430	0,5	<u>24,60</u> 23,20	<u>160</u> 300	<u>330</u> 370
3		1,0	<u>20,16</u> 22,20	<u>220</u> 390	<u>440</u> 450
4		1,5	<u>18,90</u> 21,30	<u>320</u> 430	<u>580</u> 590
5	МР 3040	0,5	<u>23,20</u> 23,20	<u>200</u> 280	<u>300</u> 330
6		1,0	<u>20,00</u> 21,80	<u>350</u> 380	<u>430</u> 420
7		1,5	<u>19,5</u> 21,30	<u>520</u> 440	<u>560</u> 540
8	РС 2016	0,5	<u>26,30</u> 27,90	<u>220</u> 300	<u>350</u> 390
9		1,0	<u>25,10</u> 26,90	<u>260</u> 290	<u>490</u> 490
10		1,5	<u>24,85</u> 25,95	<u>270</u> 330	<u>580</u> 590

Примечание*: Н.С. и К.С. – начало и конец схватывания, соответственно. Над чертой даны значения для цемента Ц1, под чертой для Ц2.

Проведены экспериментальные исследования кинетики тепловыделения при гидратации цемента и контракции цементного теста в присутствии пластифицирующих добавок. На рис. 1 приведены температурные кривые гидратации портландцемента с исследуемыми модификаторами.

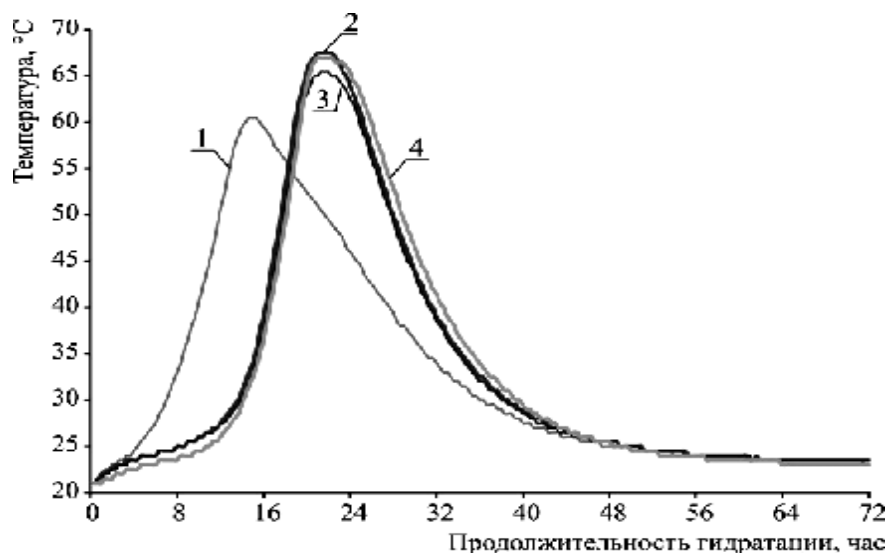


Рис. 1. Тепловыделение при гидратации портландцемента Ц1
с добавлением пластифицирующих добавок:

1 – без добавок; 2 – АСЕ 430 (1 %); 3 – МР 3040 (1 %); 4 – РС 2016 (0,3 %) (иллюстрация авторов)

Из представленных данных на рис. 1 видно, что при введении пластифицирующих добавок замедляется гидратация цементного теста, по сравнению с контрольным составом. Продолжительность индукционного периода при введении гиперпластификаторов увеличивается на 180-300 минут по сравнению с составом без

добавок. Максимальный температурный пик с гиперпластификаторами наблюдается на 360-480 минут позднее контрольного состава. При введении АСЕ 430 наблюдается наибольший максимум температурного пика, равный $67,4^{\circ}\text{C}$, что на $7,1^{\circ}\text{C}$ выше состава без добавки, что свидетельствует об увеличении степени гидратации вяжущего. В составах с добавками МР3040 и РС2016 температурный максимум также выше на $5,1-6,6^{\circ}\text{C}$ по сравнению с контрольным составом.

Выполнены экспериментальные исследования по измерению контракции цементного теста на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз». Результаты исследования приведены на рис. 2.

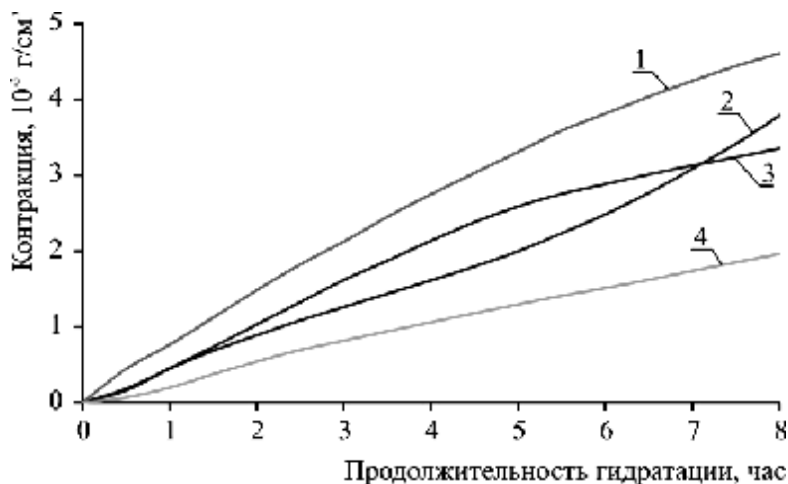


Рис. 2. Контракция цементного теста на портландцементе Ц1 с добавлением пластифицирующих добавок:

1 – без добавок; 2 – АСЕ 430 (1 %); 3 – МР 3040 (1 %); 4 – РС 2016 (0,3 %) (иллюстрация авторов)

На рис. 2 видно, что при введении добавки «АСЕ 430» увеличивается величина контракции (на $0,355 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$ в первые 3 часа гидратации цементного теста), что свидетельствует об ускорении процесса гидратации цемента. В дальнейшем величина контракции цементного теста с добавкой «АСЕ 430» ниже (на $0,439 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$ в первые 8 часов гидратации), чем в контрольном составе. Величина контракции цементного теста с добавкой «РС2016» в первые 3 часа гидратации цементного теста ниже (на $0,445 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$), чем в составе без добавок, а в дальнейшем ниже (на $1,83 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$ в первые 8 часов гидратации), чем в составе без добавок. Среди исследуемых гиперпластификаторов можно выделить добавку «МР 3040», введение которой увеличивает величину контракции как в первые 3 часа (на $0,863 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$), так и через 8 часов гидратации (на $0,817 \cdot 10^3 \text{ г/см}^3$), по сравнению с составом без добавок. Величина контракции при гидратации цементного теста с добавкой «МР 3040» в первые 8 часов гидратации выше в 1,38-2,35 раза по сравнению с добавками «АСЕ 430» и «РС 2016», соответственно.

Проведены экспериментальные исследования влияния исследуемых гиперпластификаторов на предел прочности цементного камня при сжатии в возрасте 28 суток. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Приведенные на рис. 3 данные свидетельствуют о повышении предела прочности при сжатии при введении гиперпластификаторов. Введение в цементное тесто добавки АСЕ 430 повышает прочность цементного камня на 24-55 % на цементе Ц1 и на 23-45 % на цементе Ц2 по сравнению с контрольным образцом. Для добавки МР 3040 наибольшие показатели предела прочности при сжатии (на 40-55 % выше контрольного) достигаются при дозировке 1-1,5 % от массы цемента. Введение гиперпластификатора РС 2016 позволяет повысить прочность цементного камня на 19-41 % и 16-43 % соответственно.

Выполнены экспериментальные исследования влияния гиперпластификаторов на предел прочности при изгибе и сжатии мелкозернистого бетона. Испытания проводили на цементном растворе согласно ГОСТ 310.4. Результаты исследований приведены в табл. 2.

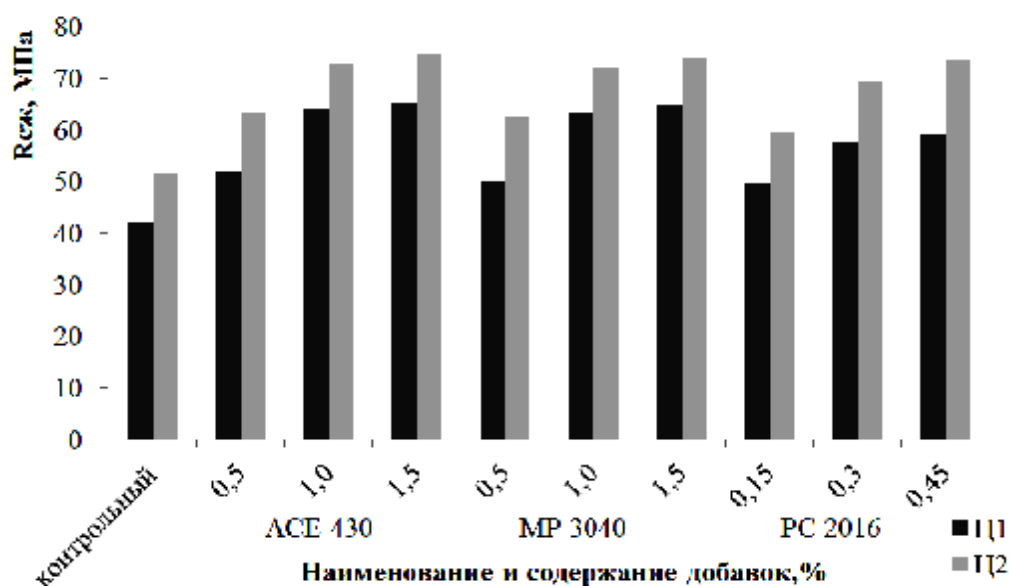


Рис. 3. Влияние гиперпластификаторов на предел прочности цементного камня при сжатии в возрасте 28 суток (иллюстрация авторов)

Таблица 2

Результаты экспериментальных данных пределов прочности при изгибе ($R_{изг}$, МПа), пределов прочности на сжатие ($R_{сж}$, МПа) мелкозернистого бетона с пластифицирующими добавками

№ п/п	Содержание добавок, %			Прочность при изгибе $R_{изг}$, кг/см ²		Прочность на сжатие $R_{сж}$, кг/см ²	
	АСЕ 430	МР 3040	РС 2016	7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
1	–	–	–	<u>6,02</u> 6,82	<u>6,94</u> 7,93	<u>29,7</u> 36,6	<u>46,9</u> 52,2
2	0,5	–	–	<u>6,24</u> 6,95	<u>7,61</u> 8,38	<u>40,54</u> 48,64	<u>66,42</u> 73,89
3	1,0	–	–	<u>7,08</u> 8,31	<u>8,32</u> 9,67	<u>52,91</u> 65,61	<u>86,52</u> 95,60
4	1,5	–	–	<u>7,25</u> 8,12	<u>8,53</u> 9,66	<u>53,11</u> 65,85	<u>86,98</u> 92,63
5	–	0,5	–	<u>6,34</u> 7,01	<u>7,73</u> 8,45	<u>38,52</u> 46,22	<u>63,01</u> 70,09
6	–	1,0	–	<u>6,94</u> 8,09	<u>8,26</u> 9,63	<u>50,26</u> 62,32	<u>82,19</u> 90,82
7	–	1,5	–	<u>7,14</u> 8,28	<u>8,60</u> 9,75	<u>50,45</u> 60,54	<u>82,75</u> 85,61
8	–	–	0,15	<u>6,04</u> 6,95	<u>7,38</u> 8,25	<u>36,21</u> 43,45	<u>59,58</u> 66,16
9	–	–	0,3	<u>6,79</u> 7,76	<u>7,98</u> 9,13	<u>48,24</u> 59,81	<u>78,15</u> 82,05
10	–	–	0,45	<u>7,11</u> 8,05	<u>8,29</u> 9,48	<u>49,87</u> 61,33	<u>79,35</u> 81,34

Примечание*: Над чертой даны значения для цемента Ц1, под чертой для Ц2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что при введении исследуемых добавок предел прочности при изгибе мелкозернистого бетона в возрасте 7 и 28 суток с добавками значительно выше, чем без них. Так предел прочности при изгибе с добавкой «АСЕ 430» увеличивается на 4-20 % в возрасте 7 суток и на 9-23 % в возрасте 28 суток на цементе Ц1, на 5-19 % в возрасте 7 суток и на 6-22 % в возрасте 28 суток на цементе Ц2. При введении добавки «МР 3040» предел прочности при изгибе увеличивается на 5-18 % в возрасте 7 суток и на 11-24 % в возрасте 28 суток на цементе Ц1, на 3-21 % в возрасте

7 суток и на 7-23 % в возрасте 28 суток на цементе Ц2. Предел прочности при сжатии с добавкой «АСЕ 430» увеличивается на 41-85 %, с добавкой «МР 3040» – на 34-76 %, а с добавкой «РС 2016» – на 27-69 %. Наибольший прирост предела прочности при изгибе и сжатии мелкозернистого бетона наблюдается при введении добавки «АСЕ 430» при содержании 1-1,5 % от массы цемента.

Заключение

1. Исследования влияния гиперпластификаторов на основе эфира поликарбоксилата и полиарила на нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста показала, что наибольший водоредуцирующий эффект достигается при введении добавок «АСЕ 430» и «МР 3040» в дозировке 1-1,5 % от массы цемента. При этом сроки схватывания цементного теста с данными модификаторами увеличиваются в меньшей степени по сравнению с добавкой «РС2016».

2. Результаты исследования гидратации цементного теста показывают, что величина температурного максимума в составах с исследуемыми добавками выше по сравнению с контрольным составом. При этом введение добавки «МР 3040» на основе эфира полиарила приводит также к увеличению контракции цементного теста.

3. Наибольший прирост предела прочности мелкозернистого бетона при изгибе (на 20-23 % выше контрольного образца) и сжатии (на 83-85 % выше контрольного образца) происходит с добавлением добавки «АСЕ 430» в дозировке 1-1,5 % от массы цемента.

Список библиографических ссылок

1. Калашников В. И., Демьянова В. С., Борисов А. А. Классификационная оценка цементов в присутствии суперпластификаторов для высокопрочных бетонов // Известия вузов. Строительство. 1999. № 1. С. 39–42.
2. Изотов В. С., Соколова Ю. А. Химические добавки для модификации бетона. М. : Палеотип, 2006. 244 с.
3. Морозов Н. М., Боровских И. В., Хозин В. Г., Галеев А. Ф. Исследование свойств цементных систем с комплексными наполнителями // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 7. С. 217–220.
4. Ibragimov R. A., Bogdanov R. R. The influence of a complex modifying agent on the hydration and structure formation of self-compacting concrete // ZKG: Zement – Kalk – Gips International. 2017. Т. 70. № 4. Р. 44–49.
5. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Комплексная добавка для повышения эффективности гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы. 2016. № 8. С. 70–73.
6. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В., Морозов Н. М., Вахитов Б. Р., Шаехов Р. А. Исследование процессов биоповреждения высокопрочных песчаных бетонов // Химия и инженерная экология XVI международная научная конференция, посвященная 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан. 2016. С. 273–276.
7. Калимуллин А. А., Назипова Ф. В., Богданов Р. Р. Модифицирование цементно-стружечных плит путем введения гиперпластификаторов // Деревообрабатывающая промышленность. 2017. № 4. С. 27–34.
8. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Hydration products of portland cement modified with a complex admixture // Inorganic Materials. 2015. Т. 51. № 2. Р. 187–190.
9. Ibragimov R. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG: Zement – Kalk – Gips International. 2016. Т. 69. № 6. Р. 34–39.
10. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Ресурсосбережение при производстве железобетонных изделий с добавками гиперпластификаторов // Технологии бетонов. 2013. № 5 (82). С. 40–41.

Bogdanov Ruslan Ravil'evich

assistant

E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Pashaev Anton Vladimirovich

engineer

E-mail: pashaev9700@mail.ru**Zhuravlev Maksim Vladimirovich**

engineer

E-mail: maximzhuravl@yandex.ru**Kalimullin Ajrat Arlionovich**

process engineer

E-mail: fluwow@yandex.ru**LLC «TATBIO»**

The organization address: 420054, Russia, Kazan, Avangardnaya st., 80/1

Superplasticizer based on polycarboxylate ether and polyaryl and their influence on the physico-technical properties of cement compositions**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the effect of superplasticizers on the physico-technical properties (cement hydration processes, setting time and normal thickness, tensile strength during bending and compression) of cement compositions.

Results. The main results of the study are that effective superplasticizers and their optimal quantitative content have been determined. So, according to the results of the experiment, the most effective additives «ACE 430» and «MP 3040» were identified. Experimental studies of the kinetics of heat release during cement hydration showed that the magnitude of the temperature maximum in the compositions with the additives under investigation is higher compared with the control composition. Moreover, the introduction of the additive «MP 3040» based on polyaryl ether also leads to an increase in the contraction of the cement paste. The greatest increase in flexural strength (by 20-23 % above the control sample) and compression (by 83-85 % above the control sample) of fine-grained concrete is observed with the introduction of the «ACE 430» additive in the dosage of 1-1,5 % by weight of cement.

Conclusions. The significance of the work results for the construction industry consists in determining the type and optimal quantitative content of the superplasticizer and determining the effect on the physical and technical properties of the cement compositions. It has been established that the greatest water-reducing effect, as well as the increase in flexural and compressive strength, is observed with the introduction of additives «ACE 430» and «MP 3040» in the quantitative content of 1-1,5 % by weight of cement.

Keywords: modification, additives, superplasticizer admix, cement paste, hydration.

References

1. Kalashnikov V. I., Demyanova V. S., Borisov A. A. index rating cements in the presence of superplasticizers for high strength concrete // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 1999. № 1. P. 39–42.
2. Izotov V. S., Sokolova Yu. A. Chemical additives for concrete modification. M. : Paleotype, 2006. 244 p.
3. Morozov N. M., Borovskikh I. V., Khozin V. G., Galeev A. F. Study of the properties of cement systems with integrated filler // Vestnik Kazanskogo technologicheskogo universiteta. 2015. Vol. 18. № 7. P. 217–220.

4. Ibragimov R. A., Bogdanov R. R. the influence of a complex modding agent on the hydration and structure of self-compacting concrete // ZKG: Zement – Kalk – Gips International. 2017. Vol. 70. № 4. P. 44–49.
5. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. H., Galiautdinov A. R. Complex additive to improve the efficiency of gypsum-pozzolan binder // Stroitel'niye materialy. 2016. № 8. P. 70–73.
6. Stroganov V. F., Sagadeev E. V., Morozov N. M. Vakhitov R. B., Seehow R. A. Study of processes of biodegradation of high-strength sand concrete // Chemistry and engineering ecology XVI international scientific conference dedicated to the 15th anniversary of implementation of the principles of the Earth Charter in the Republic of Tatarstan. 2016. P. 273–276.
7. Kalimullin A. A., Nazipova F. V., Bogdanov R. R. Modification of cement-bonded particle boards by introducing hyperplasticizers // Derevoobrabativayushchaya promishlennost. 2017. № 4. P. 27–34.
8. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Hydration products of portland cement modified with a complex admixture // Inorganic Materials. 2015. T. 51. № 2. P. 187–190.
9. Ibragimov R. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG: Zement – Kalk – Gips International. 2016. T. 69. № 6. P. 34–39.
10. Izotov V. S., Ibragimov R. A. resource-Saving in the production of concrete products with additives of plasticizers // Technologii betonov. 2013. № 5 (82). P. 40–41.

УДК 624.138 625.81 625.814.24

Вдовин Евгений Анатольевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: vdovin@kgasu.ru

Строганов Виктор Федорович

доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Мавлиев Ленар Фидаесович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru

Коновалов Никита Витальевич

аспирант, ассистент

E-mail: for.nikita.k@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Кузнецов Андрей Владимирович

мастер участка

ОАО «Алексеевскдорстрой»

Адрес организации: 422900, Россия, пгт. Алексеевское, ул. Чистопольская, д. 3

Анализ возможностей модификации и выбор рациональных методов и технологий укрепления грунтов активированными наполнителями для дорожных одежд

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы является анализ результатов исследований в области модификации укрепленных грунтов с применением активированных наполнителей. На основе проведенного анализа сделаны выводы о целесообразности и направлениях дальнейших исследований в данной области с целью улучшения физико-механических и эксплуатационных показателей материалов дорожных одежд.

Результаты. Выявлены основные способы модификации укрепленных грунтов. Рассмотрены различные помольные устройства для активации минеральных наполнителей. Представлены некоторые зависимости способов активации наполнителей на свойства укрепленных грунтов, полученные различными исследователями. Рассмотрена зависимость активности минерального наполнителя от времени и вида помольного устройства.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в теоретическом подтверждении возможности модификации укрепленных грунтов для дорожных одежд активированными наполнителями. Поставлены задачи для дальнейшего исследования модификации укрепленных грунтов активированными наполнителями различного состава, способов активации и технологии производства.

Ключевые слова: укрепленный грунт, активированный минеральный наполнитель, модификация, дорожная одежда, физико-механические и эксплуатационные свойства.

Введение

Развитие транспортной инфраструктуры страны неразрывно связано с экономическим ростом и благополучием населения. На данный момент в Российской Федерации более 20 % автомобильных дорог без твердого покрытия. Приоритетной задачей федеральных программ развития транспортной системы является увеличение протяженности дорог с усовершенствованными или переходными типами конструкций дорожных одежд. Дорожное строительство наиболее успешно может развиваться в условиях повышения качества, снижения стоимости и расширения номенклатуры дорожно-строительных материалов. Обеспечение необходимой степени надежности и долговечности, как конструктивных составляющих автомобильной дороги – земляного полотна, дорожной одежды, искусственных сооружений, так и дороги в целом – является важной задачей дорожного

строительства. Благодаря ориентации на инновационный путь развития дорожной сети России, Федеральное дорожное агентство реализует комплекс мер, направленный на увеличение межремонтного срока службы федеральных дорог до 12 лет по ремонту и до 24 лет – по капитальному ремонту. В связи с этим целенаправленно развиваются технологии, позволяющие добиться повышения качества строительных работ, за счет разработки и применения дорожно-строительных материалов с усовершенствованными физико-механическими и эксплуатационными качествами, что обуславливает возможности снижения затрат на ремонтные работы и повышение межремонтных сроков службы автомобильных дорог. Поскольку на территории Республики Татарстан практически отсутствуют прочные каменные материалы, которые в чистом виде возможно применять в конструкциях дорожных одежд, то наиболее перспективным развитием дорожно-строительной отрасли региона, с точки зрения максимального использования местных материалов и снижения материалоемкости строительства, является применение местных укрепленных и модифицированных материалов, а в частности – грунтов.

Укрепленные грунты в конструкциях дорожных одежд

Укрепленные материалы и грунты могут применяться в слоях основания при капитальных и облегченных типах дорожных одежд, а так же в покрытиях со слоем износа при переходных типах конструкций дорожных одежд. Длительный опыт мониторинга и эксплуатации дорог, с основаниями, выполненными из укрепленных грунтов, доказывает, что такого рода материалы имеют высокие эксплуатационные и технико-экономические качества. Основным условием возможности применения местных укрепленных материалов и композиций является их соответствие предъявляемым требованиям. Материалы, применяемые в конструктивных слоях покрытия автомобильной дороги должны иметь высокие показатели прочности, истираемости, морозостойкости, а в конструктивных слоях основания дорожной одежды показатели прочности могут быть ниже, одним из основных критериев применимости является морозостойкость материала. Положение, сформулированное М.М. Филатовым и развитое в работах В.М. Безрука, заключается в том, что при разработке методов укрепления грунтов следует учитывать свойства и особенности тонкодисперсной части грунта, химический и минералогический составы, а так же генетические признаки грунта, что представляет собой научную основу укрепления грунтов. Это говорит о необходимости учитывать весь комплекс процессов, происходящих при укреплении грунтов.

По мнению авторов [1], при укреплении грунтов можно выделить следующие основные процессы, происходящие в материале (рис. 1).

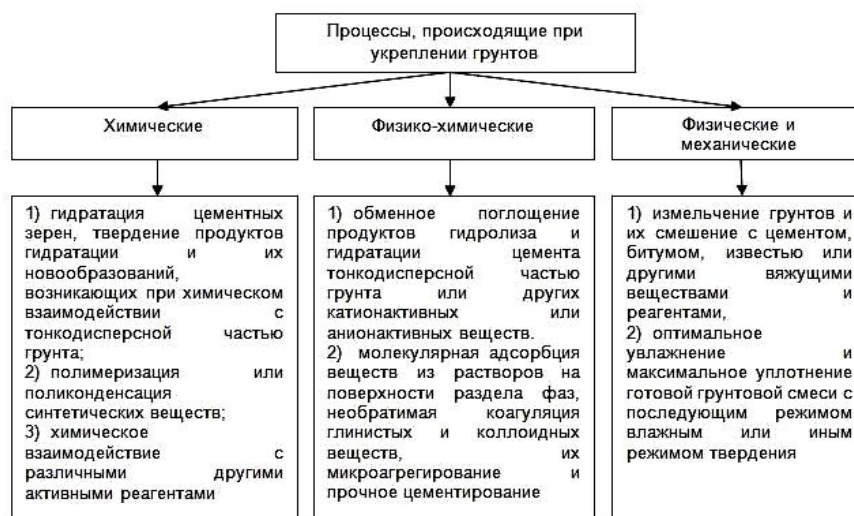


Рис. 1. Схематическое представление о процессах, происходящих при укреплении грунтов вяжущими и химическими реагентами ([1] Е.А. Вдовин, В.Ф. Строганов, Л.Ф. Мавлиев)

Существует ряд работ с предложениями по модификации грунтов. Например, в работах Department for International Development (DFID) и Department of Public Works and Highways (DPWH), основанных на трудах S.W. Colwill и Raul C. Asis [2] отмечено, что наиболее рациональным для укрепления материалов является применение цемента, а различные модификационные добавки и отходы промышленных предприятий необходимо использовать для снижения расхода вяжущего и улучшения свойств минерального материала.

Считается, что повышение качества укрепленных грунтов является актуальной проблемой, её решение исследователи видят в широком применении модификации функциональными добавками, в том числе активированными наполнителями, влияющими на структуру и свойства материалов.

Модификация материалов

В строительном материаловедении под модификацией понимают именно эту взаимосвязь изменений физико-химической структуры и свойств материалов, что нашло отражение в работах Баженова Ю.М., Ратинова В.Б., Бутта Ю.М., Соломатова В.И. и ряда других исследователей [3]. Основные направления исследования могут быть представлены в следующих типах модифицирования за счет:

- создания искусственных центров кристаллизации при прямом введении в смесь примесных компонентов – «инокуляция»;
- введения поверхностно-активных веществ, замедляющих рост зёрен и способствующих образованию стабильных мелкокристаллических зародышей – «ингибция»;
- применения ряда технологических операций, в частности тепловой обработки, интенсивного перемешивания, вызывающих образование достаточного количества зародышей (физико-механические методы).

Именно с позиций этих концепций авторы [4, 5] предлагают и считают, что грунты, укрепленные цементом, необходимо модифицировать гидрофобизирующими и пластифицирующими добавками на основе эфира поликарбоксилата и октилтриэтоксисилана, а так же комплексными добавками на основе кремнийорганических соединений и электролитов, что повышает механическую прочность укрепленных грунтов и их морозостойкость.

Одним из перспективных и довольно распространенных способов модификации различных композиционных материалов является активация входящих в состав композиции наполнителей. Различают несколько видов активации: механическая – при измельчении материала в различных помольных устройствах; механо-химическая активация – измельчение материала совместно с различными химическими добавками; термическая активация; электро-магнитная активация; ультразвуковая активация; активация ионизирующим излучением; химическая – травление кислотными или щелочными растворами для создания микрорельефа частиц.

На наш взгляд наиболее технологичным способом модификации является механическая или механохимическая активация наполнителей. Теоретические основы механохимических процессов, созданные в начале XX в. известным физико-химиком В.Оствальдом и фундаментальные исследования П.А. Ребиндера, способствовали зарождению нового направления науки – механохимии, в которой рассматривается использование или превращение химических реакций вызываемых или ускоряемых механической активацией.

Известно, что минеральные порошки, представляющие собой полидисперсные материалы, способны служить структурирующими добавками и компонентами асфальтобетонов, цементобетонов и укрепленных грунтов. По мнению Рыбьева И.А. [6], доминирующее значение адсорбента с высокоразвитой и энергетически активной поверхностью, в общей минеральной смеси щебня, песка и минерального порошка имеет порошкообразный компонент. В этой связи все больший интерес исследователей вызывает применение активационных технологий для модификации поверхности частиц минеральных компонентов асфальтобетонов и других смесей для дорожных одежд.

Одними из первых основные положения механохимии в дорожном строительстве успешно применены Рыбьевым И.А., Гезенцевым Л.Б., Хинтом И.А. и др. [6].

В качестве помольных устройств известно применение различных приборов: шаровая, трубчато-шаровая, струйно-вихревая, пружинная, планетарная мельницы, а так же дезинтеграторные установки, центробежно-помольно-смесительные агрегаты и др. Основное отличие помольных устройств – в способе воздействия на частицу материала: истирание, ударное воздействие, раздавливание. В зависимости от вида воздействия на активируемый материал формируется определенный тип поверхности частиц [7]. В случае шаровых и вибрационных мельниц частицы, как правило, имеют более окатанную поверхность, что снижает их реакционную способность и технологичность, в помольных устройствах с более высоконапряженным состоянием, таких как: планетарная мельница или дезинтеграторная установка, реализуется ударное воздействие на частицы, в результате чего форма поверхности активированного материала более острогранная (рис. 2).

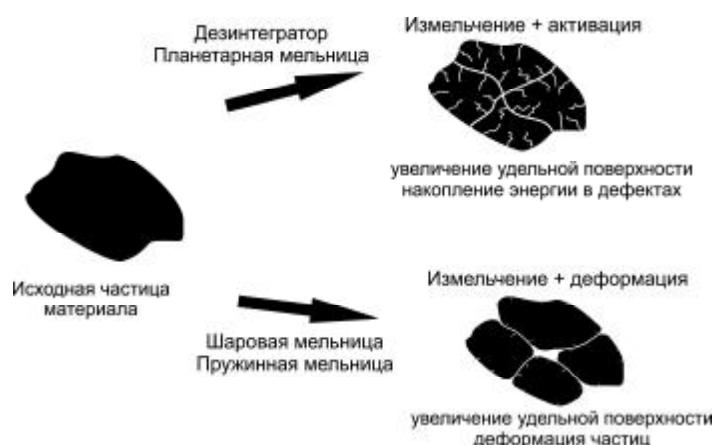


Рис. 2. Схематичное изображение характера воздействия на исходную частицу материала и получаемый эффект в различных помольных устройствах (иллюстрация авторов)

Одной из важных задач механохимии является изучение причин, которые приводят к изменению активности твердых веществ в процессе механохимической обработки.

Диспергирование приводит к изменению некоторых параметров, которые влияют на активность обрабатываемого материала:

- изменение гранулометрического состава;
- изменение формы и рельефа поверхности частиц;
- повышение удельной поверхности;
- увеличение количества активных поверхностных центров;
- аморфизация поверхности.

Для оценки активности обработанного механоактивацией материала, рядом ученых КГАСУ (научный журнал «Известия КГАСУ» № 2 (24), стр. 273-280), была исследована удельная поверхность методом Козени-Кармана и седиментационного анализа (рис. 3), на основе данных показателей авторы сделали вывод о том, что наиболее эффективный помол осуществляется в дезинтеграторной установке, так как преобладает массовая доля частиц с меньшим диаметром, обеспечивая эффективное химическое взаимодействие компонентов активированного наполнителя.

Однако, как показывают исследования изменений концентрации активных адсорбционных центров на поверхности порошков, тенденция роста количества активных центров, наблюдается до определенной величины удельной поверхности, после чего процесс замедляется. В виду того, что помол материала достаточно энергоемок, необходимо выявить оптимальные значения удельной поверхности, выше которых дальнейший помол нецелесообразен, так как рост активности незначителен [8]. На рис. 4 представлена зависимость концентрации активных центров от удельной поверхности отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), измельченных в различных мельницах, полученная в ходе исследования проведенного Траутвайн А.И. [8]. Проанализировав зависимость можно сделать вывод, что наиболее эффективной является

шаровая планетарная мельница, а так же струйная противоточная мельница. Опираясь на данные графика можно судить о том, что оптимальное количество активных центров достигается уже на 500-550 м²/кг удельной поверхности при использовании шаровой планетарной мельницы и струйной поточной мельницы, а при использовании шаровой и вибромельницы максимальная концентрация активных центров достигается при значении удельной поверхности порядка 300-400 м²/кг, это говорит о том, что показатель площади удельной поверхности не всегда свидетельствует об активности дисперсного материала.

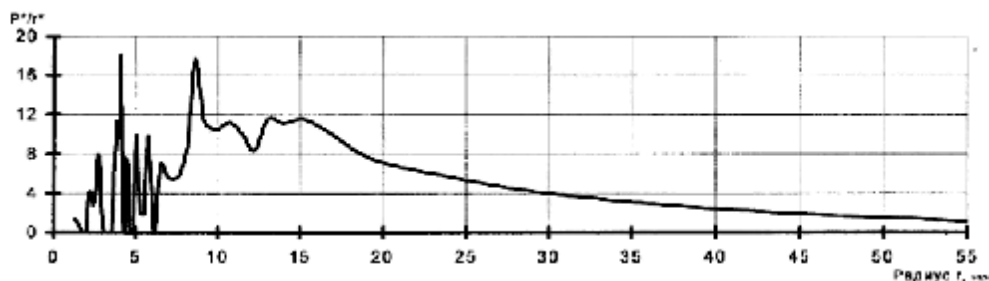


Рис. 3. Дифференциальная зависимость массы седиментационного осадка от радиуса измельчения в дезинтеграторной установке (Строганов В.Ф., Рязанов Ш.А.)

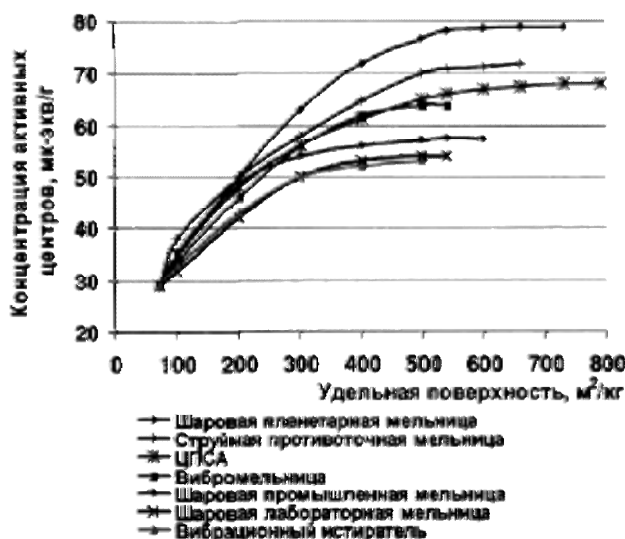


Рис. 4. Зависимость концентрации активных центров от удельной поверхности ММС, измельченных в различных мельницах (Траутвайн А.И.)

Следует также учитывать склонность молотых порошков к быстрой потере активации на воздухе в результате высокой адсорбционной способности и взаимной компенсации образованных зарядов. Время существования в воздушной среде радикалов, возникающих при механохимической обработке, составляет всего 10^{-3} - 10^{-6} с. Адсорбция свежемолотыми порошками паров углекислого газа и влаги из воздуха и насыщение некомпенсированных молекулярных сил приводит не только к «старению» поверхности наполнителей, но и служит дополнительным препятствием образованию надежных адгезионных контактов. В связи с этим, механохимическая активация наполнителей эффективна при создании на их зернах первичного контактного слоя структурированного связующего непосредственно в процессе измельчения [3]. В работе Прокопца В.С. [9] исследовано влияние времени выдерживания механоактивированного компонента на прочность цементогрунта (рис. 5). Установлено, что наиболее оптимальным видом грунта для механической активации является супесь (активация выполнялась в смеси с грунтом).

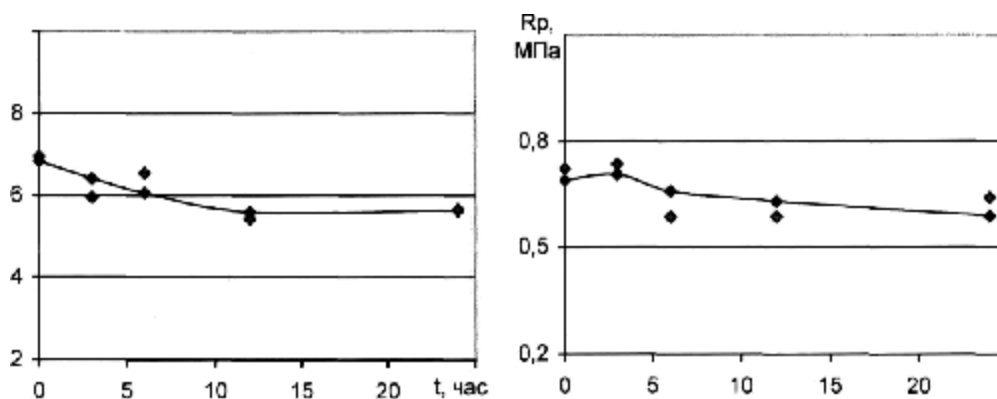
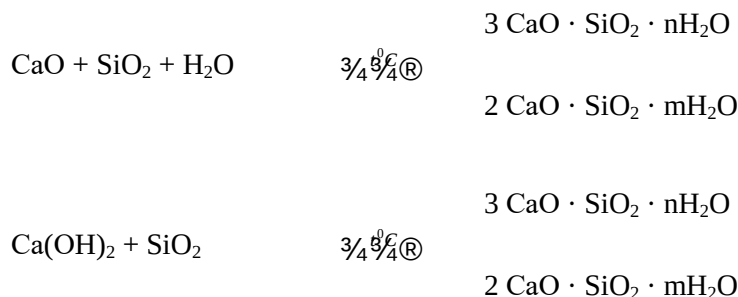


Рис. 5. Зависимость показателей прочности и хрупкости от времени выдерживания молотого компонента [9]

Из графика видно, что спустя 5-10 часов падение прочности стабилизируется, что согласуется с исследованиями [8], по результатам которых падение активности наблюдается в период 0,5-3 часа, а далее процесс практически стабилизируется. Скорость снижения активности зависит от влажности среды, в которой хранится порошок. Автор исследования отмечает, что поставлять активированный наполнитель возможно в полиэтиленовой упаковке, так как этого достаточно для сохранности уровня необходимой активности материала. Это утверждение нельзя признать однозначным и убедительным, учитывая свойства полимерных пленок.

Дополнительное изучение необходимо и для выяснения вопроса: применение каких материалов в качестве механоактивируемых наполнителей наиболее целесообразно. Например, в исследовании, опубликованном в научном журнале Известия КГАСУ № 2 (24) (стр. 273-280), авторы используют в качестве наполнителей песок и известь, активируя их при совместном помоле в присутствии воды, основываясь на известной гипотезе взаимодействия, между SiO_2 и CaO протекающими в результате химических реакций:



С образованием, модифицированной плёнкой из извести, поверхности кварцевого песка, что способствует увеличению межатомных и межмолекулярных взаимодействий компонентов композиционного материала.

Известно, что методы активации наполнителей механическим воздействием широко применяются в цементах низкой водопотребности (ЦНВ), так как при совместной физико-химической механоактивации наиболее полно и эффективно реализуются возможности как самого портландцемента, так и минеральных добавок. В работе [10] авторы осуществляли совместный помол цемента, суперпластификатора и известняка. Установлено, что помимо существенного улучшения строительно-технических свойств бетонов на ЦНВ, снижается показатель клинкероёмкости, который является критерием экологической и энергетической эффективности общестроительных цементов [10].

На наш взгляд, в качестве материалов для активации желательно и целесообразно применять местные минеральные материалы, если это технически выполнимо и теоретически обосновано в используемых активационных механизмах.

Заключение

Применение укрепленных материалов и грунтов в дорожном строительстве широко зарекомендовало себя, как ресурсосберегающий и современный метод строительства. Проанализировав области применения активированных наполнителей можно сделать однозначный вывод о целесообразности использования данного метода в модифицировании укрепленных грунтов. В качестве способа активации предпочтительнее использовать механико-химическую активацию, так как существует обоснованная необходимость введения в смесь различных поверхностно-активных веществ для направленного улучшения необходимых свойств цементогрунта, исходя из предъявленных требований. В дальнейших исследованиях, на наш взгляд, интерес представляет решение следующих вопросов:

- исследование оптимальных составов композиций для активации, исходя из применимости в качестве модификатора в укрепленных грунтах различного генезиса;
- определение оптимальных способов и технологий активации и выбор оборудования для каждого вида применяемых материалов;
- исследование процессов и условий снижения активности в процессе хранения активированных материалов;
- исследование влияния активированных наполнителей на физико-механические свойства укрепленных грунтов;
- разработка технологических схем введения активированных наполнителей при устройстве слоев дорожных одежд с применением модифицированных укрепленных грунтов.

Решение поставленных вопросов необходимо не только при выполнении данной технической задачи, но и для выявления ряда теоретических представлений по проблеме модификации активированными наполнителями в строительном материаловедении.

Список библиографических ссылок

1. Вдовин Е. А., Мавлиев Л. Ф., Строганов В. Ф. Пути повышения эффективности укрепления грунтов для строительства дорожных одежд // Вестник СиБАДИ. 2013. № 1 (29). С. 52–58.
2. Roger L. B., Brockenbrough P. E. Highway Engineering Handbook. N-Y. : McGraw-Hill, 2009. 885 p.
3. Дворкин Л. И., Соломатов В. И., Выровой В. Н., Чудновский С. М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. К. : Будивэльнык, 1991. 136 с.
4. Mavliev L., Bulanov P., Vdovin E., Zaharov V., Gimazov A. Road Soil Cement with Complex Additives Based on Organosilicon Compounds and Electrolytes // ZKG: zement-kalk-gips international. 2016. № 9 (69). P. 49–54.
5. Beeghly J., Schrock M. Dredge material stabilization using the pozzolanic or sulfo-pozzolanic reaction of lime by-products to make an engineered structural fill // International Journal of Soil, Sediment and Water. 2010. № 3 (11). С. 1–21.
6. Рыбьев И. А. Строительное материаловедение. М. : Высш. школа, 2002. 701 с.
7. Balaz P., Achimovicova M., Billik P. Hallmarks of mechanochemistry: from nanoparticles to technology // Chem. Soc. Rev. 2013. № 42. С. 7571–7637.
8. Траутвайн А. И. Образование активных центров при помоле минеральных материалов в различных мельницах и их влияние на взаимодействие в контактной зоне : сб. ст. Международной научно-практической конференции «Инновационные материалы и технологии» (XX научные чтения) / Белгород, 2011. С. 139–143.
9. Прокопец В. С., Лесовик В. С. Производство и применение дорожно-строительных материалов на основе сырья, модифицированного механической активацией. Белгород : Белаудит, 2005. 264 с.
10. Хохряков О. В., Хозин В. Г., Харченко И. Я., Газданов Д. В.. Цементы низкой водопотребности – путь эффективного использования клинкера и минеральных наполнителей в бетонах // Вестник МГСУ. 2017. Том 12. № 10 (109). С. 1145–1149.

Vdovin Evgeny Anatolyevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: vdovin@kgasu.ru**Victor Fedorovich Stroganov**

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru**Mavliev Lenar Fidaesovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: lenarmavliev@yandex.ru**Konovalov Nikita Vitalyevich**

post-graduate student, assistant

E-mail: for.nikita.k@gmail.com**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kuznetsov Andrey Vladimirovich

road master

OJSC «Alekseevskdorstroy»

The organization address: 422900, Russia, Alekseevskoe, Chistopolskaya st., 3

**Analysis of the possibilities of modification and the choice
of rational methods and technologies for strengthening the soil by activated fillers
for road construction**

Abstract

Problem statement. The aim of the work is to analyze the results of research in the field of soil modification and strengthening using activated fillers. Based on the analysis, conclusions were drawn on the feasibility and directions for further research in this area in order to improve the physical, mechanical and performance indicators of road construction materials.

Results. The main methods of soil modification and strengthening are revealed. Various grinding devices for the activation of mineral fillers are considered. Some dependences of the methods of activation of fillers on the properties of modified soils obtained by various researchers are presented. The dependence of the activity of the mineral filler on the time and type of grinding device is considered.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in the theoretical confirmation of the possibility of modifying fortified soil pavements with activated fillers. Tasks have been set for the further study of the modification of fortified soils with activated fillers of different composition, activation methods and production technology.

Keywords: reinforced soil, activated mineral filler, modification, road pavement, physical, mechanical and performance properties.

References

1. Vdovin E. A., Mavliev L. F., Stroganov V. F. How to improve the capacity of soils for construction of road pavements // Vestnik SibADI 2013. № 1 (29). P. 52–58.
2. Roger L. B., Brockenbrough P. E. Highway Engineering Handbook. N-Y. : McGraw-Hill, 2009. 885 p.
3. Dvorkin L. I., Solomatov V. I., Vyrovoy V. N., Chudnovsky S. M. Cement concrete with mineral fillers. K. : Budivelnik, 1991. 136 p.
4. Mavliev L., Bulanov P., Vdovin E., Zaharov V., Gimazov A. Road Soil Cement with Complex Additives Based on Organosilicon Compounds and Electrolytes // ZKG: zement-kalk-gips international. 2016. № 9 (69). P. 49–54.

5. Beeghly J., Schrock M. Dredge material stabilization using the pozzolanic or sulfo-pozzolanic reaction of lime by-products to make an engineered structural fill // International Journal of Soil, Sediment and Water. 2010. № 3 (11). С. 1–21.
6. Rybyev I. A. Construction materials science. M. : Vysshaya shkola, 2002. 701 p.
7. Balaz P., Achimovicova M., Billik P. Hallmarks of mechanochemistry: from nanoparticles to technology // Chem. Soc. Rev. 2013. № 42. P. 7571–7637.
8. Trautvain A. I. Formation of active centers in the grinding of mineral materials in various mills and their influence on the interaction in the contact zone : dig. of art. International scientific-practical conference «Innovative materials and technology» (XX scientific readings) / Belgorod, 2011. P. 139–143.
9. Prokopets B. C., Lesovik V. S. Production and use of road-building materials based on raw materials modified by mechanical activation. Belgorod : Belaudit, 2005. 264 p.
10. Khokhryakov O. V., Khozin V. G., Kharchenko I. Ya., Gazdanov D. V. Low water demand cements – way of efficient use of clinker and mineral fillers in concretes. // Vestnik MGSU. 2017. Vol. 12. № 10 (109). P. 1145–1149.

УДК 691.545

Ермилова Елизавета Юрьевна

кандидат технических наук, ведущий специалист по проектированию ВК

E-mail: lizabeta_91@list.ru

ООО «Инженерный Центр Высотные Специальные Технологии»

Адрес организации: 420088, Россия, г. Казань, ул. Журналистов, д. 54

Буланов Павел Ефимович

кандидат технических наук, главный технолог

E-mail: f_lays@mail.ru

ОАО «Алексеевскдорстрой»

Адрес организации: 422900, Россия, пгт. Алексеевское, ул. Чистопольская, д. 3

Рахимов Равиль Зуфарович

доктор технических наук, профессор

E-mail: rahimov@kgasu.ru

Камалова Загира Абдулловна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: zlesik@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

**Влияние способа охлаждения термоактивированной смеси
для композиционного цемента на состав продуктов гидратации
его цементного камня**

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – определить влияние быстрого и медленного способов охлаждения искусственной смеси после термоактивации на состав продуктов гидратации композиционного цементного камня с комплексными добавками термоактивированных смесей глин и карбонатов.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что исследован состав продуктов гидратации композиционного цементного камня с комплексными добавками термоактивированных смесей в зависимости от способа охлаждения смеси.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что полученные результаты исследований позволяют определить условия получения эффективных комплексных добавок на основе термоактивированных смесей повсеместно распространенных глин и карбонатных пород для применения их в композиционных портландцементе, и тем самым, расширить номенклатуру последних. Установлено, что предпочтительным является способ быстрого охлаждения получаемой смеси, способствующий получать комплексную добавку с более высокими пуццолановыми свойствами, по сравнению с добавкой, полученной способом медленного охлаждения.

Ключевые слова: композиционный портландцемент, полиминеральная глина, карбонатная порода, известняк, композиционный цементный камень.

Введение

Основными продуктами, образующимися при низкотемпературном твердофазовом синтезе, являются: однокальциевый алюминат, образующийся при температуре 500 °С [1] и двухкальциевый силикат, образующийся при 700-800 °С [1, 2].

При этом двухкальциевый силикат по Торопову Н.А. [3] может существовать в пяти модификациях, причем, три из них образуются только в результате спекания. Для низкотемпературного твердофазового синтеза характерны $\beta\text{C}_2\text{S}$ и $\gamma\text{C}_2\text{S}$. Первый является активным, но неустойчивым и при медленном охлаждении способен переходить во второй, что крайне нежелательно, в связи с тем, что $\gamma\text{C}_2\text{S}$ гидравлическими свойствами при обычных условиях не обладает.

Устойчивость $\beta\text{C}_2\text{S}$ определяется как наличием примесей, так и размерами кристаллов. В случае с примесями, стабилизации перехода $\beta\text{C}_2\text{S}$ в $\gamma\text{C}_2\text{S}$ способствует наличие MgO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 , P_2O_5 , SO_3 , в связи с тем, что ионы металлов

могут замещать ионы кальция, а группу $[\text{SiO}_4]^{4-}$ могут замещать $[\text{SO}_4]^{2-}$ и $[\text{PO}_4]^{3-}$ [4-6]. При этом, устойчивость кристаллов повышается при уменьшении их размеров [7].

Применительно к производству портландцементного клинкера для стабилизации $\beta\text{C}_2\text{S}$ применяется метод резкого охлаждения, при этом, стекловидная фаза покрывает собой зерна $\beta\text{C}_2\text{S}$, предотвращая их расширение.

Целью работы явилось определение влияния быстрого и медленного способов охлаждения искусственной смеси после термоактивации на состав продуктов гидратации композиционного цементного камня с комплексными добавками термоактивированных смесей глин и карбонатов.

Экспериментальная часть

Для экспериментов использовался портландцемент ОАО «Вольскцемент» марки ЦЕМ I 42,5 Н (табл. 1-2).

Таблица 1

Характеристики портландцемента ЦЕМ I 42,5 Н

Прочность на сжатие, МПа		Свойства	Показатели
3 суток	33,5	Нормальная густота	27,5 %
28 суток	51,0	Насыпная плотность	1000 г/л
После пропарки	42,0	Уд. поверхность (по Блейну)	345 м ² /кг
		Начало схватывания	2:50 ч:мин
		Конец схватывания	4:10 ч:мин
Минералогический состав, %			
Белит C_2S	Алит C_3S	Алюмоферриты C_4AF	Алюминаты C_3A
11,0	67,0	15,0	4,0

Таблица 2

Химический состав материалов

Химические соединения (%)	Глина	Известняк	
	Полиминеральная ПГ	И1	И2
CaO	2,16	54,7	47,73
Al ₂ O ₃	13,96	0,1	9,19
SiO ₂	64,5	1,1	0,9
MgO	2,18	1,0	1,9
Fe ₂ O ₃	7,30	0,07	0,86
SO ₃	< 0,05	-	-
K ₂ O	1,97	-	-
Na ₂ O	0,98	-	-
Na ₂ O _{экв}	-	-	-
FeO	0,88	-	-
TiO ₂	1,97	-	-
P ₂ O ₅	0,11	-	-
MnO	0,10	-	-

Исследования проводились на двух глинах: каолиновой глине (КГ) с содержанием каолинита 82,3 % и кварца 17,7 %, и полиминеральной глине (ПГ) с минеральным составом, % от масс.: каолинит – 4,06; кварц – 35,8; альбит – 14,79; микроклин – 17,4; монтмориллонит – 17,9; хлорид – 4,1; слюда – 6,0.

Химический состав выбранных известняков И1 и И2 с содержанием кальцита 99 и 87 % соответственно приведен в табл. 2. Все компоненты размалывались до удельной поверхности 500 м²/кг. Процесс термоактивации смесей глин и известняков проводился в электропечи лабораторной марки SNOL-7,2/1100.

Метод совмещенной термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) проводился с использованием термоанализатора Netzsch STA 449 F3 Jupiter при условии непрерывного подъема температуры от 40 до

1000 °С образцов массой около 35-40 мг со скоростью 10 °С/мин в потоке воздуха (50 мл/мин) в тиглях из алунда. Для испытания применялись образцы-кубики с гранью 2 см, приготовленные из теста нормальной плотности, в возрасте 28 суток нормального твердения, высушенные до постоянной массы в лабораторном сушильном шкафу.

Результаты и обсуждение

Комплексные добавки на основе термоактивированных смесей вводились в портландцемент в количестве 20 % от его массы.

Для исследований были выбраны следующие составы искусственных смесей глин и известняков:

1. Каолинистая глина и известняк И1;
2. Полиминеральная глина и известняк И2.

Выбор составов смесей обусловлен результатами предыдущих исследований авторов, представленных в печатных трудах [8-10].

Дериватограмма образца контрольного состава бездобавочного цементного камня приведена на рис. 1. Для данного состава можно наблюдать эндотермический эффект с температурным максимумом при 70,03 °С, связанный с потерей свободной воды [11]. Расположенный рядом эндоэффект при температуре 100-125 °С связан с высвобождением адсорбционной воды из гидросиликатов кальция ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [11]. Эндоэффект в диапазоне температур 125-150 °С свойственен дегидратации гидросиликатов кальция типов $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и эттрингита [12-13]. Присутствующий в образце гидроксид кальция разлагается с эндотермическим эффектом при температурном максимуме 460,65 °С [12].

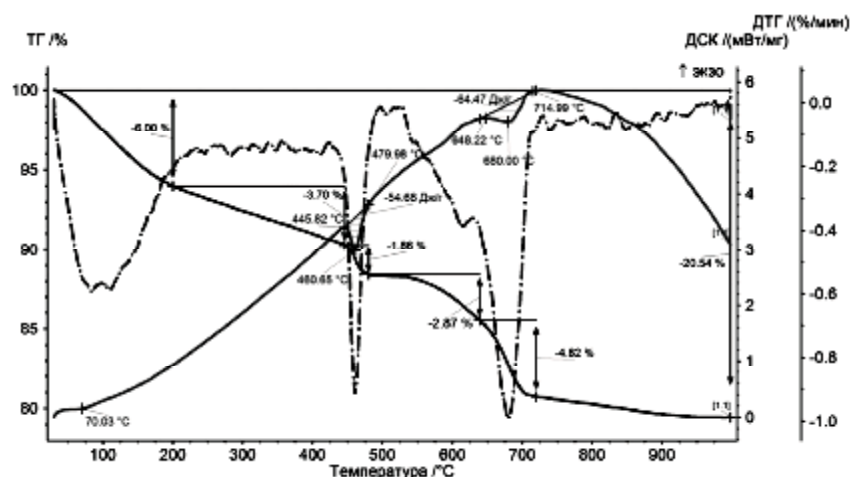


Рис. 1. Дериватограмма образца контрольного состава цементного камня (иллюстрация авторов)

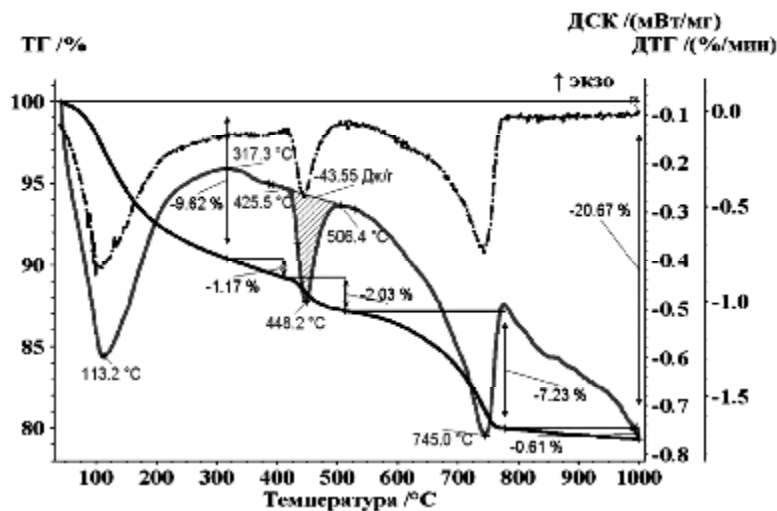
Потеря воды высокоосновными гидросиликатами кальция и метастабильными продуктами их карбонизации при твердении образца происходит с эндотермическим эффектом при 680,0 °С [12].

На рисунке 2 представлена дериватограмма композиционного цементного камня с 20 % комплексной добавкой на основе термоактивированной смеси каолинистой глины и известняка И1, полученной соответственно медленным (а) и быстрым (б) способом охлаждения искусственной смеси.

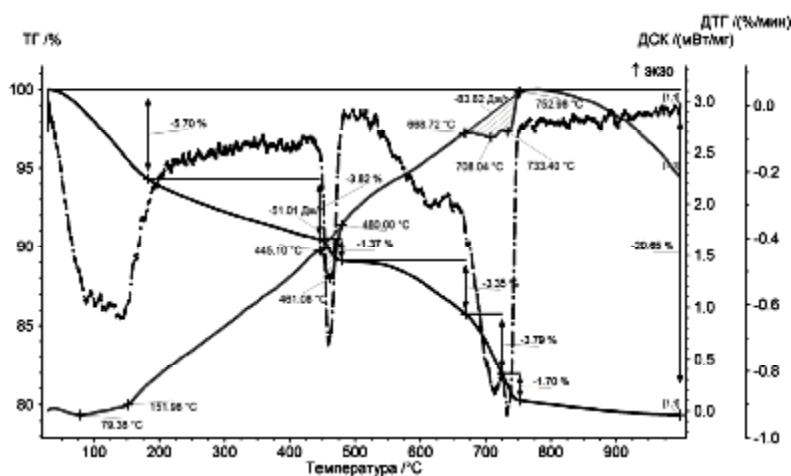
На дериватограмме образца с добавкой медленного охлаждения эндоэффект с температурным максимумом при 113,2 °С объединяет несколько рядом расположенных мелких эндоэффектов, которые характерны для потери адсорбционной воды, а также дегидратации гидросиликатов и эттрингита.

При быстром способе охлаждения смеси (рис. 2б) наблюдаются два отчетливо выраженных эндоэффекта с температурным максимумом при 79,38 °С аналогичный дериватограмме контрольного состава, и связанный с потерей свободной воды, а также эндоэффекты при 100-125 °С. Последние характеризуют частичную дегидратацию

низкоосновных гидросиликатов кальция смешанного состава C-S-H (I). Эндотермический эффект с температурным максимумом при 151,98 °C присущ процессу дегидратации этtringита и низкоосновных гидросиликатов (C_2SH_2 и $C_2S_3H_2$), а также, возможен для дегидратации алюминийзамещенных гидросиликатов. В диапазоне температур 175-200 °C происходит распад карбоалюминатов кальция, появившихся в процессе твердения из неразложившегося при термоактивации кальцита [11]. Разложение гелеобразных продуктов гидратации свидетельствует небольшой экзотермический эффект при 325-350 °C.



а)



б)

Рис. 2. Дериватограмма образца цементного камня с 20 % комплексной минеральной добавкой на основе термоактивированной смеси КГ и И1: а) при медленном охлаждении смеси; б) при быстром охлаждении смеси (иллюстрация авторов)

На дериватограмме (рис. 2а) образца с добавкой смеси, полученной медленным охлаждением, портландит разлагается при эндотермическом эффекте с температурой 448,2 °C, в то время, как на дериватограмме образца, полученного быстрым охлаждением эндотермический эффект наблюдается при 461,08 °C. При этом, меньший процент потери массы для образца быстрого охлаждения характеризует большую пуццолановую активность.

На дериватограмме образца смеси, полученного быстрым охлаждением (рис. 2б), при температурах 480,0-668,72 °C наблюдается снижение массы образца. В то же время, при температурах 668,72-708,04 °C происходит разложение образовавшихся в процессе гидратации низкоосновных гидросиликатов кальция типа C-S-H (I) [12]. Разложение высокоосновных гидросиликатов и метастабильных продуктов их карбонизации

характеризуется эндоэффектом при 708,04 °С, аналогичным бездобавочному образцу. Не вступивший в реакцию термического синтеза карбонат кальция известняка разлагается при температуре 733,4 °С.

Как видно из рис. 2 при сравнении дериватограмм, у образца с добавкой медленного охлаждения отчетливо выраженный эндоэффект при 745,0 °С, свидетельствует в первую очередь о разложении термически не прореагировавшего реликтового карбоната кальция известняка, а также о дегидратации высокоосновных гидросиликатов и метастабильных продуктов их карбонизации. При этом потеря массы, составляющая 7,23 %, больше, чем у образца с добавкой смеси быстрого охлаждения. На основании чего, можно заключить, что соединения типа CS и CSA активнее образуются при термоактивации смесей полиминеральных глин и карбонатных пород, полученных быстрым охлаждением.

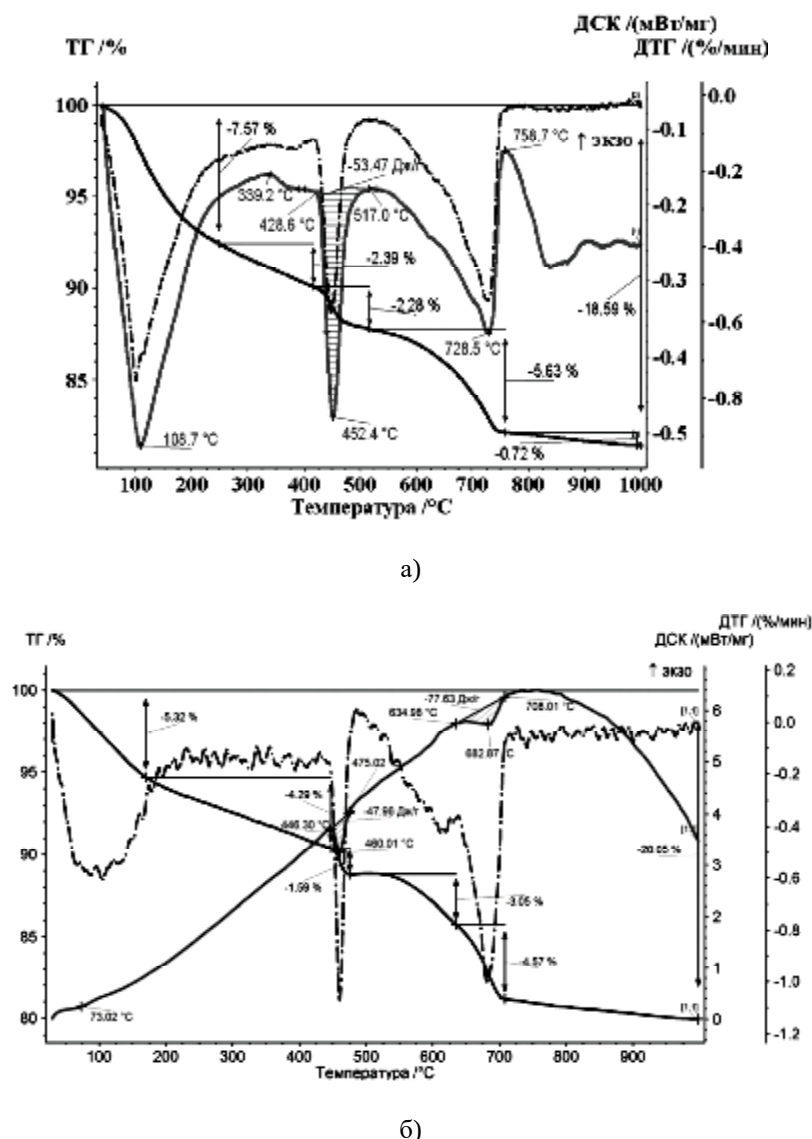


Рис. 3. Дериватограмма образца цементного камня с 20 % комплексной минеральной добавкой на основе термоактивированной смеси ПГ и И2: а) при медленном охлаждении смеси; б) при быстром охлаждении смеси (иллюстрация авторов)

Небольшие экзоэффекты при 850 °С, характерные для образования волластонита из гидросиликатов кальция [12], наблюдаются для обоих способов охлаждения смеси.

Дериватограммы цементного камня со вторым типом добавки приведены на рис. 3, с медленным (а) и быстрым (б) способом охлаждения соответственно.

При медленном охлаждении смеси (рис. 3а) эндоэффект при 108,7 °С характеризует потерю адсорбционной воды из гидросиликатов и этtringита.

При быстром охлаждении эндоэффект потери свободной воды наблюдается при температурном максимуме при 73,02 °С аналогичный контрольному составу. Дегидратация низкоосновных гидросиликатов типа C-S-H (I) наблюдается при температурах 100-125 °С. Эндотермические эффекты при температурах 125-200 °С связаны с дегидратацией этtringита и гидрокарбоалюминатов кальция.

Разложение гидроксида кальция для образцов с добавками быстрого и медленного охлаждения соответствует температурным максимумам 460,01 и 452 °С соответственно. Потеря массы, связанная с разложением гидроксида кальция для образца медленного охлаждения выше, чем для образца быстрого охлаждения, следовательно, его и образуется в этом случае больше. Последнее свидетельствует о высокой пуццолановой активности добавки быстрого охлаждения.

Слабые эндоэффекты (рис. 3б) в диапазоне температур 475,02-634,98 °С характеризуют дегидратацию низкоосновных гидросиликатов кальция типов C-S-H (A) и C-S-H (B) [11].

Присутствующий в составах карбонат кальция разлагается с эндотермическим эффектом при температурном максимуме 682,87 °С – в образце с добавкой быстрого охлаждения, в то время, как в образце с медленным охлаждением при 728,5 °С. Из этого следует, что в первом случае происходит разложение реликтового карбоната кальция, а во втором случае – карбоната кальция, образованного при гидратации образцов аналогично контрольному составу.

Слабые экзо и эндоэффекты после 758 и 708 °С характеризуют переход тоберморитоподобных соединений в волластонит, а также дегидратацию гидросиликатов и гидроалюминатов типа C_2SH_2 и $C_4A_3H_3$ [11].

Заключение

Методом термогравиметрии, совмещенной со сканирующей дифференциальной калориметрией, образцов цементного камня, установлено, что наиболее эффективным является способ быстрого охлаждения искусственной смеси глин и известняков для получения комплексной добавки в композиционный портландцемент.

Показано, что применение способа быстрого охлаждения смесей комплексных добавок, позволяет получить материал с более высокими пуццолановыми свойствами, нежели способ медленного охлаждения, в связи с тем, что способ быстрого охлаждения в большей степени способствует связыванию гидроксида кальция активными центрами полученной комплексной добавки, по сравнению с методом медленного охлаждения.

Установлено снижение, или полное отсутствие, пика реакции эндотермического разложения реликтового карбоната кальция известняка в смеси с быстрым охлаждением, что позволяет предположить о его полном вступлении в реакцию твердофазового синтеза в смеси с быстрым охлаждением.

Список библиографических ссылок

1. Аксенов В. И. Глинит-цемент. М.-Л. : Главная редакция строительной литературы, 1935. 171 с.
2. Rakhimov R. Z., Kamalova Z. A., Yermilova E. Yu. Blended Portland Cement Based on Thermally Activated Clays and Carbonate Additives // Inorganic materials: applied research. № 9 (4). 2018. P. 578–583.
3. Торопов Н. А., Федоров Н. Ф. О вяжущих свойствах различных модификаций двухкальциевого силиката // Журнал прикладной химии. 1962. № 12. С. 2585–2588.
4. Young M. K., Seong H. H. Influence of minor ions on the stability and hydration rate of β -dicalcium silicate // Journal of American Ceramic Society. 2004. № 87. P. 900–905.
5. Sychugov S., Tokarev Y., Plekhanova T., Mikhailova O., Pudov I., Faizullin R., Gaifullin A., Sagdiev R. Line of approach to a problem of water resistance of anhydrite cements :

- proceedings of the 12th International conference modern building materials, structures and techniques / MBMST. Vilnius, 2016. P. 982–990.
6. Zezulová A., Staněk T., Opravil T. Influence of barium oxide additions on Portland clinker // *Ceramics-Silikáty*. 2017. № 61 (1). P. 20–25.
 7. Пащенко А. А. Теория цемента. Киев. : Будівельник, 1991. 168 с.
 8. Ермилова Е. Ю., Камалова З. А., Рахимов Р. З., Стоянов О. В., Хантимиров А. Г., Габбасов Д. А., Ахтариёв Р. Р. Исследование влияния скорости подъема температуры при термоактивации глин на их пуццолановую активность // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. 2017. № 4. С. 25–27.
 9. Ermilova E. U., Rakhimov R. Z., Kamalova Z. A., Bulanov P. E. Calcined mixture of clay and limestone as a complex additive for blended Portland cement // *Zement – Kalk – Gips International*. 2018. Vol. 10. P. 64–73.
 10. Ермилова Е. Ю., Буланов П. Е., Рахимов Р. З., Стоянов О. В. Композиционный портландцемент с комплексной добавкой на основе минерального сырья Республики Татарстан // *Вестник Казанского технологического университета*. 2018. Т. 21. № 8. С. 36–40.
 11. Макарова И. А., Лохова Н. А. Физико-химические методы исследования строительных материалов: учебное пособие. 2-е изд. перераб. и доп. Братск : Издательство Братского государственного университета, 2011. 139 с.
 12. Proceedings : Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement, Beijing, China, 2015. Vol. I. 704 p.

Ermilova Elizaveta Yurievna

candidate of technical sciences, leading specialist in designing of HC

E-mail: lizabeta_91@list.ru

LLC «Engineering Center of High-Rise Special Technology»

The organization address: 420088, Russia, Kazan, Jurnalistov st., 54

Bulanov Pavel Efimovich

candidate of technical sciences, chief technologist

E-mail: f_lays@mail.ru

OJSK «Alekseevskdorstroj»

The organization address: 422900, Russia, Alekseyevsk, Chistopol'skaya st., 3

Rakhimov Ravil Zufarovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: rahimov@kgasu.ru

Kamalova Zagira Abdullova

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: zlesik@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Influence of the method of cooling the thermally activated mixture for composite cement on the composition of hydration products of its cement stone**Abstract**

Problem statement. The aim of the study is to determine the effect of fast and slow methods of cooling the artificial mixture after thermal activation on the composition of hydration products of blended cement stone with complex additives of thermally activated mixtures of clays and carbonates.

Results. The main results of the study are that the composition of hydration products of blended cement stone with complex additives of thermally activated mixtures was studied depending on the method of cooling the mixture.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is that the results allow to determine the conditions for obtaining effective complex additives based on thermally activated mixtures of ubiquitous clays and carbonate rocks for their application in blended

Portland cement, and thus to expand the range of the latter. It is found that the preferred method is the fast cooling of the resulting mixture, which contributes to obtain a complex additive with higher pozzolanic properties, compared with the additive obtained by the slow cooling method.

Keywords: blended Portland cement, polymineral clay, carbonate rock, limestone, blended cement stone.

References

1. Aksenov V. I. Glinit-cement. M.-L. : Russia, General edition of construction literature, 1935. 171 p.
2. Rakhimov R. Z., Kamalova Z. A., Yermilova E. Yu. Blended Portland Cement Based on Thermally Activated Clays and Carbonate Additives // *Inorganic materials: applied research*. № 9 (4). 2018. P. 578–583.
3. Toropov N. N., Fedorov N. F. About binding properties of various modifications of the two-calcium silicate // *Zhurnal prikladnoi khimii*. 1962. № 12. P. 2585–2588.
4. Young M. K., Seong H. H. Influence of minor ions on the stability and hydration rate of β -dicalcium silicate // *Journal of American Ceramic Society*. 2004. № 87. P. 900–905.
5. Sychugov S., Tokarev Y., Plekhanova T., Mikhailova O., Pudov I., Faizullin R., Gaifullin A., Sagdiev R. Line of approach to a problem of water resistance of anhydrite cements : proceedings of the 12th International conference modern building materials, structures and techniques / MBMST. Vilnius, 2016. P. 982–990.
6. Zezulová A., Staněk T., Opravil T. Influence of barium oxide additions on Portland clinker // *Ceramics-Silikáty*. 2017. № 61 (1). P. 20–25.
7. Pashchenko A. A. Theory of the cement. Kiev : Budivelnik, 1991. 168 p.
8. Ermilova E. Yu., Kamalova Z. A., Rakhimov R. Z., Stoyanov O. V., Khantemirov A. G., Gabbasov D. A., Akhtareev R. R. Study of the influence of rate of the temperature rise at the clay calcination on its pozzolanic activity // *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*. 2017. № 4. P. 25–27.
9. Ermilova E. U., Rakhimov R. Z., Kamalova Z. A., Bulanov P. E. Calcined mixture of clay and limestone as a complex additive for blended Portland cement // *Zement – Kalk – Gips International*. 2018. Vol. 10. P. 64–73.
10. Ermilova E. U., Bulanov P. E., Rakhimov R. Z., Stoyanov O. V. Blended Portland cement with complex additive based on the mineral raw materials of the Tatarstan Republic // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2018. Vol. 21. № 8. P. 36–40.
11. Makarova I. A., Lokhova N. Physico-chemical methods for research of construction materials: training manual. 2-nd ed. revised and enlarged. Bratsk : Izdatelstvo Bratskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. 139 p.
12. Proceedings : Proc. XIV International Congress on the Chemistry of cement, Beijing, China, 2015. Vol. I. 704 p.

УДК 661.143

Сахапов Рустэм Лукманович

доктор технических наук, профессор

E-mail: rusakhapov@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Кашипов Рафиль Фаилевич

инженер

E-mail: rafil_mail.ru@mail.ru

ООО «Грузоподъем»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Нигматуллина, д. 3

Влияния состава термопластика на светоизлучение материала

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследований является получение наилучшего результата от применения светоотражающего эффекта дорожной разметки. Предлагается использовать люминофор, добавлением этого светоизлучающего порошка, в состав термопластика нагретого при t около $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, для обеспечения наилучшей видимости в темное время суток, в условиях дождя, снегопада.

Результаты. Основным результатом исследований является поиск рационального соотношения компонентов, обеспечивающих максимальный светоизлучающий эффект, т.к. при большом количестве люминофора в среде термопластика, частицы оседают в его нижних слоях, ввиду их высокой плотности, снижая при этом светоотражающий эффект.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли от применения данной технологии будет наблюдаться, как в городских условиях, так и в условиях сельской местности, где это с уверенностью можно назвать отличной альтернативой при отсутствии стационарного освещения, поскольку дают водителю хороший обзор трассы даже с выключенными световыми приборами, и увеличить светоизлучение строительного материала.

Ключевые слова: дорожная разметка, люминофор, алюминат стронция, термопластик.

Введение

В настоящее время в странах Европы для дорожной разметки применяются светоотражающие красящие средства. Для получения наилучшего результата от применения светоотражающего эффекта дорожной разметки предлагается использовать люминофор, добавлением этого светоизлучающего порошка, в состав нагретого термопластика, для обеспечения наилучшей видимости в темное время суток, в условиях дождя, снегопада. Эффект от применения данной технологии будет наблюдаться как в городских условиях, так и в условиях сельской местности, где это с уверенностью можно назвать отличной альтернативой при отсутствии стационарного освещения, поскольку дают водителю хороший обзор трассы даже с выключенными световыми приборами.

Эффект свечения люминофора в темноте помогает водителю сконцентрироваться исключительно на разделительной полосе, когда встречная машина ослепляет дальним светом. К тому же, движение в темное время суток, особенно на дальние расстояния, для водителя связано с психоэмоциональным напряжением, утомленностью и сонливостью. Ночью организм человека должен отдыхать и восстанавливаться, естественно, внимание и реакция водителя ночью заметно отличаются от условий вождения в дневное время суток. Светящаяся в темноте разметка на дорогах не только усиливает внимание водителей на дорогах, но и даже делает поездку увлекательной. Применение же этой технологии на элементах конструкций мостов или других дорожных сооружениях, особенно в опасных местах на дороге, позволит снизить количество аварий в несколько раз. Недостаточная видимость дорожной разметки является наиболее частым недостатком автомобильной дороги, при дорожно-транспортных происшествиях [1].

Принцип работы технологии довольно прост: поверхность, которая поглощает и накапливает энергию света от естественных или искусственных источников при наступлении темноты начинает светиться. Максимальная интенсивность свечения наблюдается в течение нескольких часов, далее идет её постепенное снижение.

В темное время суток светящиеся линии, надписи и другие обозначения служат дополнительной мерой системы безопасности на сложных участках автомобильных трасс, а на спортивных площадках и велотреках – дают возможность проведения увлекательных соревнований даже ночью. Новое же светящееся направление в сфере обустройства дорог открывает:

- огромные возможности заработка дорожным компаниям;
- уникальные возможности реальной экономии электроэнергии;
- реальные возможности обеспечить безопасное движение на дорогах;
- прекрасные возможности наслаждаться красотой ночных трасс.

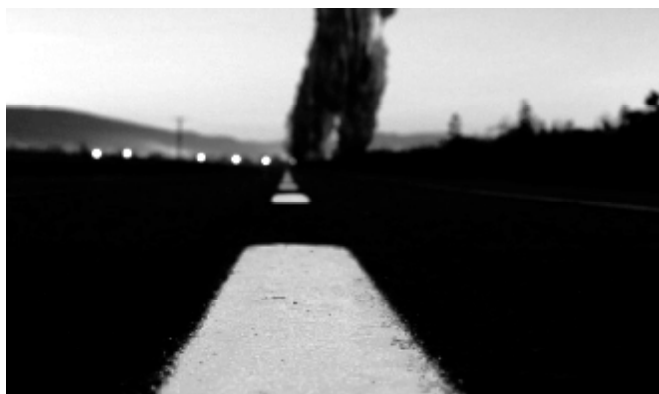


Рис. 1. Дорожная разметка в Венгрии (источник: <http://pikabu.ru/story/>)



Рис. 2. Светящаяся разметка вне населенного пункта (источник: <http://lumi-light.com/>)

Самым «проблемным» параметром является удельный коэффициент световозвращения. Недостаточные значения этой главной характеристики дорожной разметки, которая определяет её видимость в ночное время суток при отражённом свете фар автотранспортных средств, обычно фиксируются как на новой разметке (при проведении приёмочного контроля), так и в процессе эксплуатации. Здесь же необходимо отметить ещё один недостаток разметки, непосредственно связанный с рассматриваемым параметром – неравномерное значение по площади элементов, прежде всего наносимых вручную разметки [2].

На сегодня существуют следующие тенденции в области дорожной разметки: во-первых, наблюдается увеличение доли термопластиков. Это вполне объяснимо – при относительно невысокой стоимости разметки, нанесённой красками и эмалями, разметка обладает невысокой продолжительностью функциональной долговечности, особенно на автомобильных дорогах и улицах с высокой интенсивностью движения. Выход – в применении термопластиков и холодных пластиков. При этом термопластики

распространены в большей степени, чем холодные пластики. Во-вторых, увеличивается доля горизонтальной дорожной разметки выполняемой цветными материалами.

Перспективы данной технологии

В Европе активно занимаются дорожной разметкой компания Heijmans, расположенная в городе Росмален (Нидерланды) в сотрудничестве с Roosegaarde.

Studio Roosegaarde – это лаборатория социального дизайна голландского художника и новатора Даана Русегаарда. Вместе со своей командой дизайнеров и инженеров Roosegaarde создает ландшафты будущего. Студия объединяет людей, технологии и пространство, чтобы улучшить повседневную жизнь в городских условиях и проявить воображение и фантазию в различных проектах, реализацией которых занимается компания Heijmans [3].

Среди всемирно известных работ – Waterlicht (виртуальное наводнение, которое показывает мощность воды), Smog Free Project (самый большой очиститель наружного воздуха, который превращает смог в украшения) и Smart Highway (дороги, которые заряжаются в течение дня и накаляются ночью).

Smart Highway состоит из проектов Glowing Lines, которые заряжаются в дневное время и накаляются ночью в течение восьми часов. Первый пилотный проект реализован и в дальнейшем будет развиваться на международном уровне. Новые проекты включают Dynamic Paint, Interactive Light, Induction Priority Lane и Road Printer [4].

В планах входит также создание специальной светящейся погодной дорожной разметки, которая могла бы светиться при определенных погодных условиях.

История возникновения

Люминофор – происходит от латинского «люмен» – «свет» и греческого «форос» – «несущий».

Свечение природных люминофоров известно с древних времен, например насекомых, минералов, гниющего дерева и другие. Однако понять природу свечения – люминесценции – удалось лишь сравнительно недавно, а именно с развитием атомной физики. Само понятие люминесценция объясняется внутренними явлениями, происходящими в атоме вещества. В случае, когда возбужденный атом возвращается в свое стабильное состояние, происходит излучение света [5].

Процесс возбуждения может быть вызван ультрафиолетовым или рентгеновским излучением, электрической или химической реакцией. В люминофорах происходит преобразование всех видов энергии в световую энергию.

Некоторые люминофоры излучают ультрафиолетовый цвет. Другие могут излучать синий, зеленый, желтый, красный цвета. На практике объединяя различные люминофоры, можно получить свет дневного спектра. Обычно такие смеси применяются в обычных люминесцентных лампах.

Органические люминофоры применяются при создании светящихся красок, различных указателей, применяются при изготовлении светящихся приборов, при добыче полезных ископаемых, в биологии и другие.

Фотолюминофоры сохраняют накопленную энергию при возбуждении и далее отдают ее. Преобразование накопленной энергии в световую энергию происходит с определенной продолжительностью. Собственное послесвечение происходит в виде светового излучения в видимой, ультрафиолетовой или инфракрасной зоне.

Существуют как природные фотолюминофоры, так и искусственно синтезированные [6].

Характеристика люминофора

Люминофор – это вещество, которое всегда преобразовывает полученную энергию в яркое световое излучение [7]. Известные люминофоры бывают органического и неорганического происхождения. Самосвечение неорганических люминофоров происходит за счет наличия посторонних катионов [8].

Наибольшее распространение получили фотолюминофоры и электролюминофоры. Они являются препаратами сложного химического состава. В их состав входят алюминат стронция, активированный европием, диспрозием, иттрием. Химическая формула люминофора выглядит следующим образом: $(\text{SrAl}_2\text{O}_4):\text{Eu, Dy, Y}$.

Фотолюминофоры химически не активны к водным и сольвентным средам в состав которых входит алюминат стронция. Они устойчивы к различным облучениям и обладают послесвечением.

Люминофоры нетоксичны, пожаро- и взрывобезопасны. Они не имеют опасного радиоактивного излучения.

По степени воздействия на животный организм фотолюминофоры являются неопасным химическим веществом. По классу опасности относится к IV классу опасности вредных веществ. Фотолюминофор не загрязняет окружающую среду. Он обладает высокой стабильностью к химическим реакциям [8].

Ниже показаны сравнительные характеристики люминофоров на основе цинка и алюминат стронциевых люминофоров длительного послесвечения. За основу была взята марка DLO-7D и цинковый люминофор.

Светящийся в темноте люминисцентный пигмент (люминофор), поглощает энергию естественных и искусственных источников света. Потом выделяет ее в темноте в форме светоизлучения. Пигмент марки DLO-7D состоит из очень тонких кристаллов в основе своей имеющих молекулу алюмината стронция $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu, Dy}$, радикально отличающийся от обычного фосфоресцентного пигмента, который имеет в своей основе сульфид цинка или радиоизотопы с их свойствами самосвечения.

Пигменты люминофора обладают некоторыми отличиями и преимуществами в период свечения. В темноте период их свечения в 50 раз больше, чем у обычного пигмента, который основан на сульфиде цинка. А наилучший результат свечения получается при активации волнами выше 350 нанометров, не загрязняет окружающую среду и обладает высокой химической стабильностью, отсутствуют опасные для здоровья радиоактивные вещества, начальная яркость послесвечения в 10 раз длиннее, чем у радиолюминисцентных и фотолюминесцентных пигментов, достигается превосходная погодная и световая устойчивость пигмента [6].

Люминофор DLO-7D (рис. 3) продолжает накапливать и сохранять световую энергию, не достигая точки насыщения, гораздо дольше, чем классический фосфоресцентный пигмент.



Рис. 3. Люминофор DLO-7D (источник: <https://exclusivecolor.com.ua/>)

Характеристики послесвечения

Наибольшее энергетическое насыщение получается, при активации незащищенного пигмента под действием направленного ультрафиолетового луча солнца, галогенной или газоразрядной лампой и других активных источников, богатых ультрафиолетом.

Использование обычных флуоресцентных лампы богатых ультрафиолетовым излучением, также позволит провести быструю активацию пигмента. Яркость послесвечения зависит от интенсивности ультрафиолета, который содержится в активирующем свете и времени активации.

Верхняя кривая (рис. 4) показывает характеристики послесвечения алюминат-стронциевого люминофора $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu, Dy}$ в сравнении с пигментом, базирующемся на сульфиде цинка.



Рис. 4. Сравнение результатов послесвечения (иллюстрация авторов)

Измерения взяты с экранирующих шелковистых поверхностей, которые были активированы 200-люксовым источником света в течение 4 минут.

Как можно видеть из графика (рис. 4), $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu, Dy}$ в 10 раз ярче и имеет приблизительно в 10 раз более длительное послесвечение, чем пигмент, базирующийся на сульфиде Zn:Cu .

Время активации и яркость послесвечения $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu, Dy}$ продолжает накапливать и сохранять световую энергию (не достигая точки насыщения) гораздо дольше, чем классический фосфоресцентный пигмент. График (рис. 5) показывает результаты, когда оба типа пигментов были активированы с использованием D65 – стандартного источника дневного света интенсивности 200 Lux.



Рис. 5. Эффективность послесвечения (иллюстрация авторов)

Световозвращающие материалы

Основное свойство дорожной разметки это хорошая видимость. Она должна наблюдаться как при свете солнца, или свете фар, так и темной ночью, как под проливным дождем, так и в пасмурную погоду. Дорожная разметка, отвечающая таким требованиям, позволяет сократить количество дорожно-транспортных происшествий в ночное время на 30 % [1].

Предназначенные для нанесения дорожной разметки на асфальтированные покрытия, термопластики, изготавливаются перемешиванием сухих компонентов: связующие, наполнители, пигменты, технологические добавки [9].

При использовании современных световозвращающих материалов для дорожной разметки достигается хорошая видимость. Наиболее распространенным светоотражающим материалом являются стеклянные микрошарики, которые располагаются на поверхности дорожной разметки [10].

Стеклянные микрошарики самостоятельно в качестве разметочного материала не применяются, а только как добавочный материал к термопластику. Светоотражение

объясняется способностью стеклянных микрошариков, преломлять свет. Они преломляют свет от фар автомобиля и отражают его под другим углом. Для получения наибольшего эффекта стеклянные микрошарики изготавливают абсолютно прозрачными и не содержащими пузырьков газа.

Существует три способа нанесения стеклошариков в термопластик. Для этого их вводят вовнутрь маркировочного материала. Можно также применить посыпанием на свеженанесенную разметку. Иногда используют сочетание обоих способов одновременно.

Стеклошарики должны возвышаться над поверхностью разметки наполовину для того, чтобы, преломленный шариком и отраженный от его внутренней поверхности свет фар, создал наибольший объем свечения. В этом случае стеклошарик хорошо удерживается материалом разметки. Но если стеклошарик выступает из слоя разметки более чем наполовину, он легко будет сбит колесом автомобиля. А если шарик погружен в слой материала разметки более чем наполовину, объем отраженного света уменьшится [9, 10].

Проведение исследований

Цель исследования заключалась в изучении влияния люминофора на термопластик, т.е. в получении рационального соотношения веществ, обеспечивающие максимальный световозвращающий эффект в условиях полного отсутствия света.

Для определения рационального соотношения люминофора и термопластика был составлен план проведения эксперимента.

В процессе исследования были рассчитаны различные соотношения веществ:

Люминофор, гр	Термопластик, гр
20	200
40	200
60	200
80	200
100	200
120	200
140	200

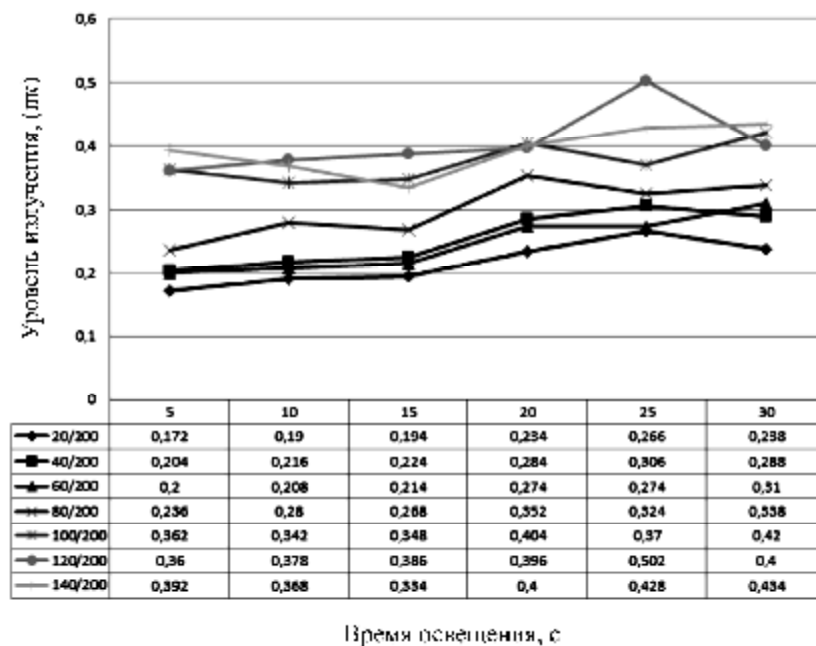


Рис. 6. Зависимость времени освещения от уровня излучения (иллюстрация авторов)

Выбор 140 грамм люминофора в составе термопластика обусловлен необходимостью выявления значительной разницы от 120 и 100 граммового составов. В результате проведения исследования и обработки полученных показателей, было

определено, что характеристики экспериментальных образцов с повышенным содержанием люминофора практически не отличались.

Также они обладают повышенной яркостью свечения по сравнению с остальными экспериментальными образцами, но длительность свечения снижается быстрее.

Таким образом, рациональными по соотношению компонентов и по эффективности будут образцы с 60 грамм и 80 грамм люминофора.

Результаты зависимости времени освещения от уровня излучения образцов в соотношениях 20/200, 40/200, 60/200, 80/200, 100/200, 120/200, 140/200 показаны на рис. 6.

Результаты зависимости времени затухания от уровня излучения образцов в соотношениях 20/200, 40/200, 60/200, 80/200, 100/200, 120/200, 140/200 показаны на рис. 7.

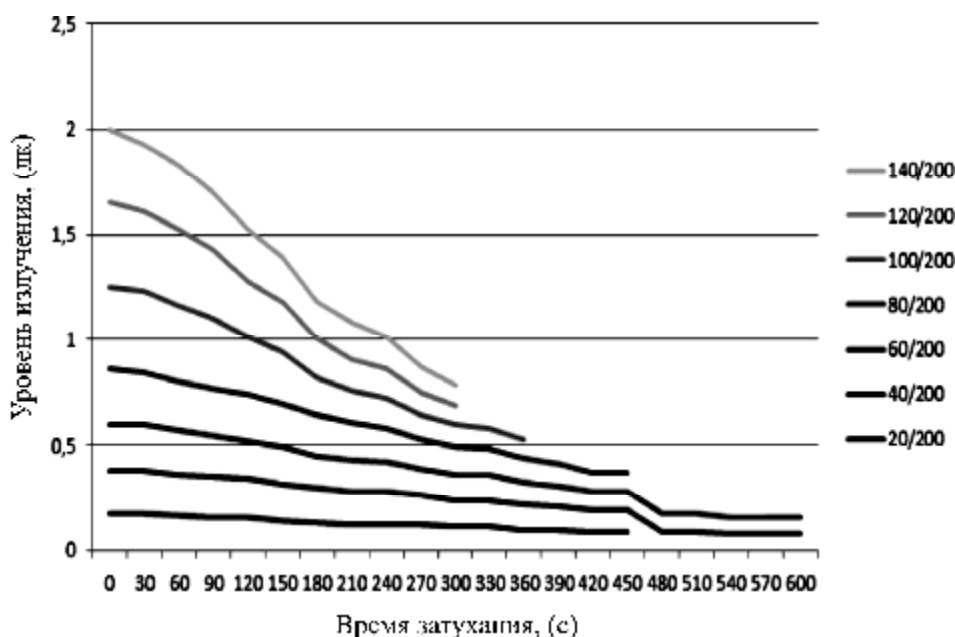


Рис. 7. Зависимость времени затухания от уровня излучения (30 с) (иллюстрация авторов)

Заключение

В результате проведенной исследовательской работы по изучению свойств термопластик, были определены наиболее эффективные показатели свечения люминофора в составе термопластика.

Были также определены и обработаны показатели свечения за определенный промежуток времени, показатели свечения во время полного затухания подготовленных образцов термопластика с различными соотношениями термопластика и люминисцентного порошка.

Применение вышеуказанной технологии имеет множество преимуществ по сравнению с технологией получения обычного термопластика:

1. Создание благоприятного эстетичного вида в условиях города, сельской местности и т.д.
2. Обеспечение безопасного движения на дорогах в условиях полного отсутствия света или при наличии участков дорог со слабой освещенностью.
3. Отсутствие негативного воздействия на окружающую среду и на здоровье человека.
4. Низкие материальные затраты по сравнению с применением обычного термопластика.
5. Применение данной технологии возможно с дорожно-разметочной машиной, которая позволит улучшить рабочие показатели оборудования и повысить его эффективность и безопасность дорожного движения.

Список библиографических ссылок

1. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Management model in road transport systems // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 738. № 1. С. 012008.
2. Sakhapov R. L., Absalyamova S. G. The use of telecommunication technologies in education network. В сборнике: Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2015 12. 2015. С. 14–17.
3. Магические конструкции города // Studio Roosegaarde : интернет-изд. 2016. URL: <https://www.studio Roosegaarde.net/info> (дата обращения: 06.12.2017).
4. Шоссе в будущее // Природа и наука : интернет-изд. 2016. URL: <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/eerste-pilot-met-glowing-lines-oss> (дата обращения: 06.07.2017).
5. Казанкин О. Н. Неорганические люминофоры. М. : Химия, 1995. 232 с.
6. Зверева Е. М., Манаширов О. Я., Голота А. Ф. Разработка нового типа люминофоров с расширенными функциональными возможностями на основе алюминатов стронция : сб. тр. VIII международной конференции «Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы» / Ульяновск, 2012. С. 193–197.
7. Химическая энциклопедия. М. : Том 2, 1990. С. 221–222.
8. Зверева Е. М., Манаширов О. Я., Голота А. Ф. Новый класс многофункциональных люминофоров на основе алюминатов стронция // Вестник Южного научного центра РАН. 2014. Т. 2. № 4. С. 31–37.
9. Анализ технологии нанесения дорожной разметки // Allbest.ru : интернет-изд. 2016. URL: https://revolution.allbest.ru/manufacture/00492273_0.html (дата обращения: 06.12.2017).
10. Материалы для разметки дорог // Ежедневник «Снабженец» : интернет-изд. 2015. URL: <http://snab.ru/lkm/02/13.html> (дата обращения: 01.03.2017).

Sakhapov Rustem Lukmanovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: rusakhapov@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Kashipov Rafil Failevich

engineer

E-mail: rafil_mail.ru@mail.ru

LLC «Gruzopodem»

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Nigmatullina st., 3

Effects of thermoplastic composition on the light emission of the material**Abstract**

Problem statement. The aim of the research is to obtain the best result from the application of the reflective effect of road marking. It is proposed to use a phosphor, by adding this light-emitting powder, to a thermoplastic composition heated at t about 200°C , to ensure the best visibility in the dark, in conditions of rain and snow.

Results. The main result of the research is the search for a rational ratio of components providing the maximum light-emitting effect, since with a large amount of phosphor in a thermoplastic environment, the particles are deposited in its lower layers, due to their high density, while reducing the reflective effect.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry from the use of this technology will be observed both in urban environments and in rural areas, where it can be safely called an excellent alternative in the absence of stationary lighting, as they give the driver a good view of the route, even with the lights off and increase light emission building material.

Keywords: road marking, phosphor, strontium aluminate, thermoplastic.

References

1. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Management model in road transport systems // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. P. 012008.
2. Sakhapov R. L., Absalyamova S. G. The use of telecommunications technologies in the education network. In : Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV-2015. 12. 2015. P. 14–17.
3. A smog vacuum cleaner and other magical city designs // Studio Roosegaarde : Internet-edit. 2016. URL: <https://www.studio Roosegaarde.net/info> (reference date: 12.06.2017).
4. Snelweg van de toekomst // Natuur en Wetenschap : Internet-edit. 2016. URL: <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/eerste-pilot-met-glowing-lines-oss> (reference date: 07.06.2017).
5. Kazankin O. N. and others. Inorganic phosphors. M. : Chemistry, 1995. 232 p.
6. Zvereva E. M., Manashirov O. Ya., Golota A. F. Development of a new type of phosphors with enhanced functionality based on strontium aluminates : Proceedings of the VIII International Conference «Opto-, Nanoelectronics, Nanotechnologies and Microsystems» / Ulyanovsk, 2012. P. 193–197.
7. Chemical encyclopedia. M. : Vol. 2, 1990. P. 221–222.
8. Zvereva E. M., Manashirov O. Ya., Golota, A. F. A new class of multifunctional phosphors based on strontium aluminates. Vestnik Yujnogo nauchnogo tsentra RAN. 2014. V. 2. № 4. P. 31–37.
9. Analysis of the technology of road markings // Allbest.ru : internet-edit. 2016. URL: https://revolution.allbest.ru/manufacture/00492273_0.html (reference date: 12.06.2017).
10. Materials for road marking // Ejenedelnik «Snabjenets» : internet-edit. 2015. URL: <http://snab.ru/lkm/02/13.html> (reference date: 03.01.2017).

УДК 678.643.425.033:620.193.8

Строганов Виктор Федорович

доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Сагадеев Евгений Владимирович

доктор химических наук, профессор

E-mail: sagadeev@list.ru

Хузин Айрат Фаритович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: airat-khuzin2010@yandex.ru

Потапова Людмила Ильинична

кандидат химических наук, доцент

E-mail: ludmilapo@mail.ru

Вахитов Булат Рифкатович

аспирант

E-mail: vbrcorp@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Стоянов Олег Владиславович

доктор технических наук, профессор

E-mail: ov_stoyanov@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Сравнительный анализ влияния нанотрубок различной структуры и функциональности на биостойкость цементно-песчаных растворов

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования - определение биостойкости наномодифицированных цементно-песчаных растворов.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в проведении кинетических исследований по оценке биостойкости цементно-песчаных растворов модифицированных введением углеродных нанотрубок различной структуры и степени функциональности.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что в результате проведенных исследований установлено, что степень функционализации нанотрубок не оказывает существенного влияния на увеличение прочностных характеристик цементно-песчаных растворов.

Ключевые слова: цементно-песчаный раствор, прочностные характеристики, углеродные нанотрубки, модельная среда.

Введение

Известно, что введение модифицирующих добавок в минеральные строительные материалы является одним из путей увеличения их технологических и эксплуатационных характеристик. Такими добавками, в частности, являются углеродные наноматериалы - фуллереноподобные структуры, представляющие собой молекулярные соединения, принадлежащие к классу аллотропных форм углерода, имеющие большой научный и практический интерес при создании новых видов строительных материалов с высокими технологическими и эксплуатационными характеристиками. Среди наноматериалов особое место занимают углеродные нанотрубки (УНТ). УНТ представляют собой одно- или многослойные полые трубки из углерода, имеющие диаметр от одного до пятидесяти нанометров и длину до нескольких микрометров [1]. УНТ обладают уникальными свойствами, обусловленными упорядоченной структурой их нанофрагментов. В частности, УНТ абсолютно инертны по отношению к любым кислотам и щелочам и имеют высокие механические характеристики и большой модуль упругости [1]. Ввиду

того, что УНТ содержат в своем составе химические связи С-Х, они обеспечивают лучшее сцепление минерального вяжущего и заполнителя и, как следствие, могут рассматриваться как эффективное средство повышения физико-механических свойств минеральных строительных материалов. При равномерном распределении в строительных материалах УНТ могут активно воздействовать на динамику структурообразования и играть роль своеобразного армирующего связующего. УНТ могут являться центрами направленной кристаллизации при твердении цементного камня. Тем не менее, в литературе до сих пор не существует единого мнения об эффективности применения УНТ в качестве модификаторов минеральных строительных материалов [2-11]. Однако известно, что влияние УНТ на прочностные характеристики строительных материалов зависит от степени их функционализации [7-9]. В этой связи, в работе изучалось влияние на прочностные характеристики цементно-песчаных растворов (ЦПР) УНТ «Tuball», производства компании «OCSiAl» (рис. 1) и УНТ «Graphistrength», производства фирмы «Arkema» (рис. 2).

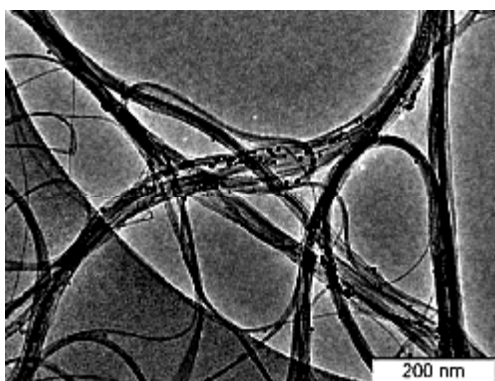


Рис. 1. УНТ «Tuball» под микроскопом (масштаб 200 нм)
(<https://ocsial.com/ru/material-solutions/tuball>)

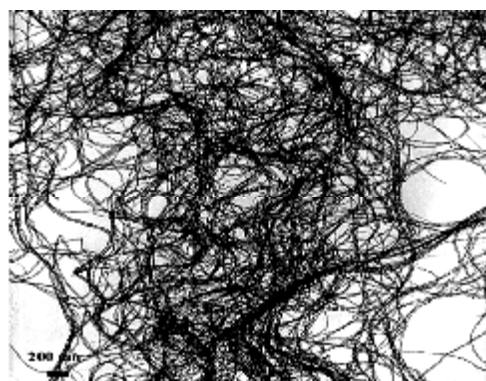


Рис. 2. УНТ «Graphistrength» под микроскопом ($\times 5 \cdot 10^4$)
(<https://www.industrie-techno.com/nanotubes-de-carbone-le-marche-sera-plus-restreint-selon-arkema.23794>)

Объекты и методы исследований

Изучаемые образцы ЦПР изготавливались размером 160×40×40 мм (балочки) на основе портландцементов М400 ЦЕМ II/A-П 32,5Н и М500 ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Ульяновскцемент», песка кварцевого фракции 0,5-0,25 мм, воды - бидистиллят, УНТ «Tuball» и «Graphistrength» - 0,005 % от массы цемента. Для более равномерного распределения УНТ обоих видов в структуре ЦПР использовался суперпластификатор «Remicrete SP 30 (FM)» фирмы «Schomburg» (1 % от массы цемента). Цемент и песок смешивали в соотношении 1:3. Водоцементное отношение (В/Ц) образцов ЦПР - 0,35.

ИК-спектральное исследование проводилось при стандартных условиях регистрации на спектрофотометре Perkin Elmer FT-IR Spectrometer model Spectrum 65 в области 4000-650 см^{-1} с помощью приставки неполного внутреннего отражения (НПВО) Miracle ATR (кристалл ZnSe). Спектры сухих УНТ получали, плотно прижимая порошок к поверхности элемента, нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с кристаллом ZnSe.

Обсуждение результатов

В продолжение ранее начатых исследований [12], нами моделировался процесс биоповреждения наномодифицированных ЦПР в слабоагрессивной среде лимонной кислоты с рН = 3 (рекомендуемое в литературе значение для карбоновых кислот [13]) в течение восьми суток при температуре 40 °С. Изучение биостойкости образцов ЦПР проводилось в лабораторной кинетической установке, согласно [14].

Полученные результаты кинетических исследований для ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» представлены на рис. 3-4.

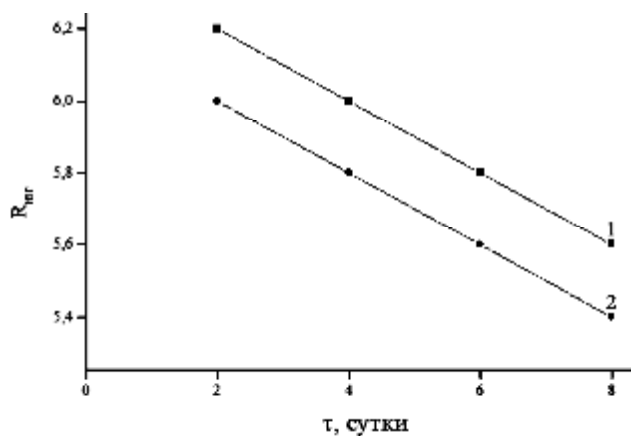


Рис. 3. Зависимость прочностных характеристик на изгиб образцов ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» от времени экспозиции в модельной среде:

- 1 – ЦПР на основе портландцемента М500 ЦЕМ I 42,5 Н;
2 – ЦПР на основе портландцемента М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н (иллюстрация авторов)

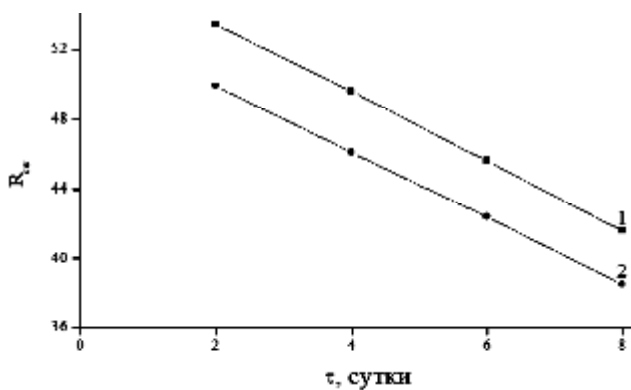


Рис. 4. Зависимость прочностных характеристик на сжатие образцов ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» от времени экспозиции в модельной среде:

- 1 – ЦПР на основе портландцемента М500 ЦЕМ I 42,5 Н;
2 – ЦПР на основе портландцемента М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н (иллюстрация авторов)

Полученные результаты кинетических исследований для ЦПР с добавлением УНТ «Graphistrength» представлены на рис. 5-6.

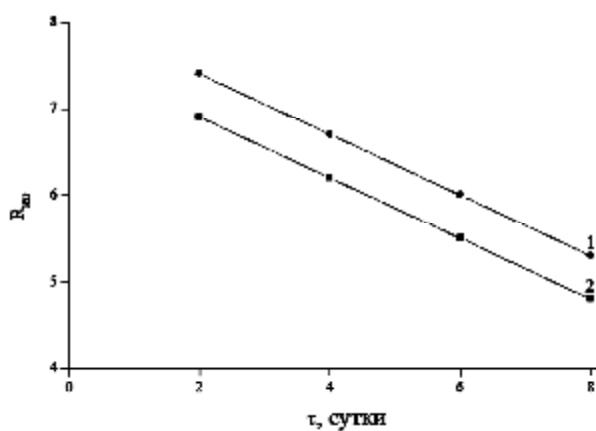


Рис. 5. Зависимость прочностных характеристик на изгиб образцов ЦПР с добавлением УНТ «Graphistrength» от времени экспозиции в модельной среде:

- 1 – ЦПР на основе портландцемента М500 ЦЕМ I 42,5 Н;
2 – ЦПР на основе портландцемента М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н (иллюстрация авторов)

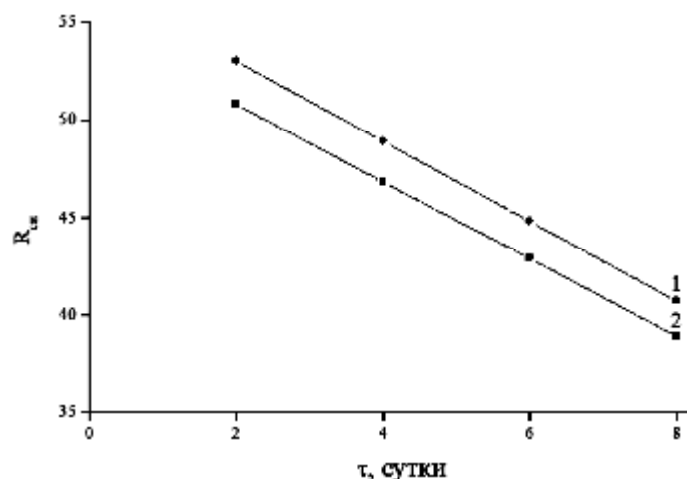


Рис. 6. Зависимость прочностных характеристик на сжатие образцов ЦПР с добавлением УНТ «Graphistrength» от времени экспозиции в модельной среде:
 1 – ЦПР на основе портландцемента М500 ЦЕМ I 42,5 Н;
 2 – ЦПР на основе портландцемента М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н (иллюстрация авторов)

На основе анализа полученных кинетических результатов можно сделать вывод, что в процессе экспозиции образцов ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» и «Graphistrength» в модельной среде наблюдается падение их прочностных характеристик на изгиб и сжатие. Все зависимости $R_{изг} = f(t)$ и $R_{сж} = f(t)$ имеют линейный характер. Коэффициент корреляции r кинетических зависимостей имеет значение не менее 0,999, а стандартное отклонение S_d равно 0,01 и менее.

Процесс взаимодействия наномодифицированных ЦПР со средой лимонной кислоты количественно представлен в табл. в виде результатов потери прочности образцов ЦПР после экспозиции в среде.

Таблица

Результаты потери прочности ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» и «Graphistrength» после экспозиции в модельной среде при температуре 40 °С в течение 8 суток

Марка портландцемента для изготовления ЦПР	Потеря прочности, %	
	DR _{изг}	DR _{сж}
М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н	74,2	62,5
М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н с УНТ «Tuball»	22,9	34,1
М400 ЦЕМ II/А-П 32,5 Н с УНТ «Graphistrength»	31,4	33,4
М500 ЦЕМ I 42,5 Н	47,9	54,9
М500 ЦЕМ I 42,5 Н с УНТ «Tuball»	25,3	32,9
М500 ЦЕМ I 42,5 Н с УНТ «Graphistrength»	29,3	34,4

На основе анализа результатов, приведенных в табл., можно сделать вывод, что введение в состав ЦПР УНТ «Tuball» и «Graphistrength» приводит к определенному повышению биостойкости образцов. Однако в этом случае также возможно влияние суперпластификатора «Remicrete SP 30 (FM)» входящего в состав наномодифицированных ЦПР. Благодаря введению поликарбоксилатного суперпластификатора значение водоцементного отношения наномодифицированных ЦПР составило 0,35 (по сравнению с В/Ц равным 0,52 у ЦПР без добавления суперпластификатора), что привело к уменьшению пористости ЦПР и, возможно, увеличило биостойкость образцов.

Для интерпретации полученных кинетических результатов проведено ИК-спектральное исследование для установления химической структуры УНТ «Tuball» и «Graphistrength» с целью установления ее влияния на прочностные характеристики ЦПР.

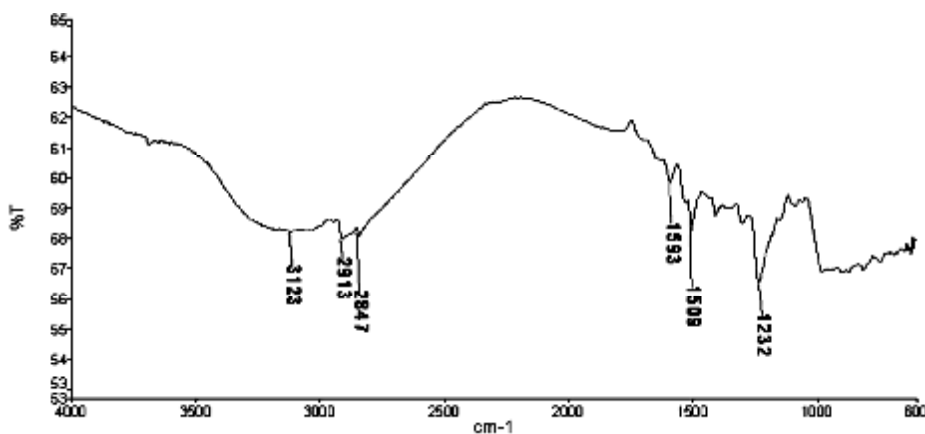


Рис. 7. ИК-спектр однослойных малофункционализированных УНТ «Tuball» (иллюстрация авторов)

На рис. 7 приведен ИК-спектр УНТ «Tuball», при анализе которого можно идентифицировать широкую полосу поглощения с пиками 1540 и 1509 cm^{-1} малой интенсивности, которая, согласно данным [15, 16] обусловлена движением углеродных атомов в плоскости графенового слоя, из которого свернута УНТ.

Как известно, при производстве УНТ механизм увеличения нанотрубок в длину полностью зависит от технологических особенностей процесса, используемого оборудования, исходного сырья, характеристик катализатора и др. [1]. При этом на поверхности УНТ в виде сорбентов или в виде присоединенных аддуктов могут присутствовать функциональные группы CO, NO, OH и др., которые вносят дополнительные изменения в электронный спектр нанотрубок. В этой связи, в ИК-спектре УНТ «Tuball» наблюдается линия поглощения средней интенсивности 1237 cm^{-1} . Аналогичная линия поглощения 1250 cm^{-1} наблюдалась ранее в [16], причем степень ее интенсивности возрастает при наличии в структуре УНТ фрагментов C–O–C (дефектов). Появление полосы поглощения 1237 cm^{-1} в ИК-спектре УНТ «Tuball» также, по видимому, обусловлено дефектами структуры УНТ.

В области 2800-3000 cm^{-1} спектра присутствуют характеристические частоты поглощения, обусловленные валентными колебаниями C–H связей нанотрубок. Валентные колебания гидроксильных OH-групп представлены в виде широкой полосы в области 3100-3300 cm^{-1} спектра. Линия поглощения 1600 cm^{-1} обусловлена деформационной модой изолированной молекулы воды.

Таким образом, на основании проведенного ИК-спектрального анализа, можно сделать вывод, что УНТ «Tuball» являются однослойными и малофункционализированными.

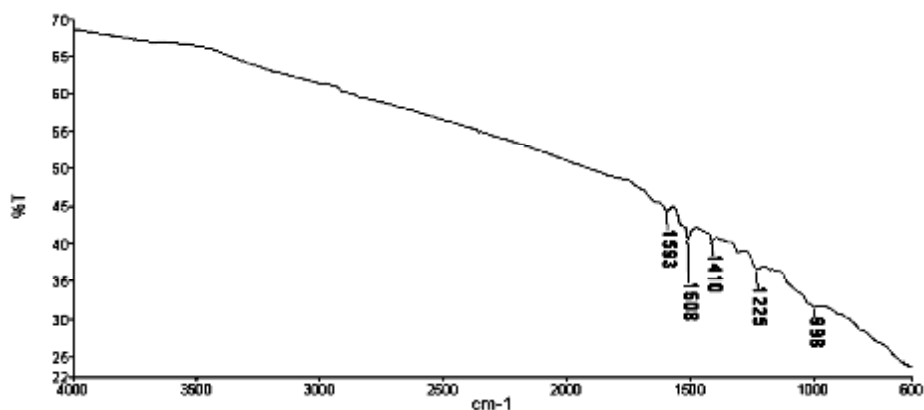


Рис. 8. ИК-спектр многослойных многофункционализированных УНТ «Graphistrength» (иллюстрация авторов)

На рис. 8. приведен ИК-спектр УНТ «Graphistrength». Из валентных колебаний УНТ различимы и появляются в ИК-спектре при частотах поглощения 1593, 1508 с плечом в области 1540, 1410, 1225, 998 см^{-1} . В спектрах пропускания многослойных УНТ линию поглощения $\sim 1591 \text{ см}^{-1}$ авторы [16] относили к моде УНТ, которая отвечает колебаниям атомов валентных связей между атомами углерода разных слоев нанотрубок.

Широкая полоса с пиками плечо 1540 и 1506 см^{-1} , присутствующая в ИК-спектре УНТ «Graphistrength», имеет сравнительно малую интенсивность, что, по-видимому, обусловлено сопряженной р-системой, то есть движению углеродных атомов в слое графена, лежащего в основе УНТ [17]. ИК-спектральная активность частоты колебаний $\sim 1540 \text{ см}^{-1}$ авторами [18] связывается с динамическим моментом УНТ. В ИК-спектре УНТ «Graphistrength» также наблюдается частота валентных колебаний средней интенсивности $\sim 1237 \text{ см}^{-1}$. Аналогичная частота поглощения $\sim 1250 \text{ см}^{-1}$ относилась ранее в [16] к дефектам, то есть нарушению симметрии в структуре УНТ, где уровень ее интенсивности возрастает при наличии фрагментов С–О–С в структуре нанотрубок. Проявление полосы $\sim 1225 \text{ см}^{-1}$ в ИК-спектре УНТ «Graphistrength» также обусловлено дефектностью УНТ [16]. Такую интерпретацию ИК-спектра УНТ также подтверждают результаты исследований методами ИК-спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния наногрфита, отмеченные ранее в работах [19, 20].

В ИК-спектре УНТ «Graphistrength» также присутствует малоинтенсивная полоса поглощения, характерная для адсорбированных на поверхности УНТ молекул воды (3400 см^{-1}).

Таким образом, сравнительно «бедный» ИК-спектр доказывает высокую симметрию молекулы и позволяет считать УНТ «Graphistrength» многослойными и многофункционализированными.

Заключение

На основе анализа результатов изменения прочностных характеристик образцов ЦПР с добавлением УНТ «Tuball» и «Graphistrength» в среде лимонной кислоты, можно сделать вывод, что степень функционализации нанотрубок не оказывает существенного влияния на увеличение прочностных характеристик ЦПР. Ввиду многопрофильного действия УНТ как модификаторов материалов становится очевидным необходимость проведение более широкого спектра исследований по изучению влияния введения УНТ в минеральные строительные материалы.

Список библиографических ссылок

1. Мищенко С. В., Ткачев А. Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М. : Машиностроение, 2008. 320 с.
2. Лушникова А. А., Соковикова М. А., Пудов И. А., Яковлев Г. И., Первущин Г. Н., Корженко А. Формирование структуры и свойств бетонов, модифицированных дисперсными добавками // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. № 16. С. 30–33.
3. Collins F., Lambert J., Duan W. H. The influences of admixtures on the dispersion, workability, and strength of carbon nanotube-OPC paste mixtures // Cement and Concrete Composites. 2012. V. 34. № 2. P. 201- 207.
4. Raki L., Beaudoin J. J., Alizadeh R., Makar J. M., Sato T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology // Materials. 2010. V. 3. P. 918- 942.
5. Khroustalev B. M., Leonovich S. N., Eberhardsteiner J., Yakovlev G. I., Pervushin G. N. Influence of multilayer nanotubes on fracture toughness // Science & Technique (Наука и техника, Беларусь). 2012. № 4. P. 52–57.
6. Хузин А. Ф., Габидуллин М. Г., Рахимов Р. З., Габидуллина А. Н., Стоянов О. В. Модификация цементных композитов углеродными нанотрубками // Вестник КТУ. 2013. Т. 16. № 5. С. 115- 118.
7. Пименов А. И., Ибрагимов Р. А., Изотов С. В. Влияние углеродных нанотрубок и способа их введения на свойства цементных композиций // Известия вузов. Строительство. 2014. № 6. С. 26- 30.

8. Королев Е. В. Нанотехнологии в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития // Строительные материалы. 2014. № 11. С. 47- 79.
9. Хузин А. Ф. Цементные композиты с добавками многослойных углеродных нанотрубок. Казань : КГАСУ, 2014. 20 с.
10. Халикова Р. А. Модифицированные гибридные органо-неорганические связующие для базальтопластиковой арматуры. Казань : КГАСУ, 2015. 17 с.
11. Хозин В. Г., Абдрахманова Л. А., Низамов Р. К. Общая концентрационная закономерность эффектов наномодифицирования строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 25- 33.
12. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5–9.
13. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Введение в биоповреждение строительных материалов. Казань : КГАСУ, 2014. 200 с.
14. Лабораторная установка для испытания образцов строительных материалов на биостойкость в модельных средах : патент № 170410 Рос. Федерация. № 2016123279 ; заявл. 10.06.2016 ; опубл. 24.04.2017. Бюл. № 12. 1 с.
15. Раков Э. Г. Нанотрубки и фуллерены. М. : Логос, 2006. 376 с.
16. Bazhenov A. V., Fursova T. N., Grazhulene S. S., Red'kin A. N., Telegin G. F. Sorption of metal ions on multi-walled carbon nanotubes // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 2010. V. 18. № 4-6. P. 564- 568.
17. Zhu S., Zhang H., Bai R. Microwave-accelerated dissolution of MWNT in aniline // Materials Letters. 2007. V. 61. № 1. P. 16- 18.
18. Bantignies J.-L., Sauvajol J.-L., Rahmani A., Flahaut E. Infrared-active phonons in carbon nanotubes // Physical Review B. 2006. V. 74. № 19. P. 195425.
19. Бехтерев А. Н., Золотарев В. М. Исследование колебательных состояний нанокристаллического углерода методом спектроскопии диффузного отражения // Оптика и спектроскопия. 2007. Т. 102. № 6. С. 967- 973.
20. Nemanich R. J., Solin S. A. First- and second-order Raman scattering from finite-size crystals of graphite // Physical Review B. 1979. V. 20. № 2. P. 392- 401.

Stroganov Viktor Fedorovich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: svf08@mail.ru

Sagadeev Evgeniy Vladimirovich

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: sagadeev@list.ru

Khuzin Airat Faritovich

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: airat-khuzin2010@yandex.ru

Potapova Ludmila Ilinichna

candidate of chemical science, associate professor

E-mail: ludmilapo@mail.ru

Vahitov Bulat Rifkatovich

post-graduate student

E-mail: vbrcorp@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Stoianov Oleg Vladislavovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: ov_stoianov@mail.ru

Kazan National Research Technological University

The organization address: 420015, Russia, Kazan, Karl Marks st., 68

Comparative analysis of the effect of nanotubes of different structure and functionality on the biostability of cement-sand mortars

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to determine the biostability of nano-modified cement-sand mortars.

Results. The main results of the study consist in conducting kinetic studies to assess the biostability of cement-sand mortars modified by the introduction of carbon nanotubes of various structures and degrees of functionality.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that, as a result of the research, it has been established that the degree of functionalization of the nanotubes does not have a significant effect on the increase in the strength characteristics of the cement-sand mortars.

Keywords: cement-sand mortar, strength characteristics, carbon nanotubes, model medium.

References

1. Mishchenko S. V., Tkachev A. G. Carbon nanomaterials. Production, properties, application. M.: Mashinostroyeniye, 2008. 320 p.
2. Lushnikova A. A., Sokovikova M. A., Pudov I. A., Yakovlev G. I., Pervushin G. N., Korzhenko A. Formation of structure and properties of concrete modified with dispersed admixtures // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2011. № 16. P. 30–33.
3. Collins F., Lambert J., Duan W. H. The influences of admixtures on the dispersion, workability, and strength of carbon nanotube-OPC paste mixtures // Cement and Concrete Composites. 2012. V. 34. № 2. P. 201–207.
4. Raki L., Beaudoin J. J., Alizadeh R., Makar J. M., Sato T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology // Materials. 2010. V. 3. P. 918–942.
5. Khroustalev B. M., Leonovich S. N., Eberhardsteiner J., Yakovlev G. I., Pervushin G. N. Influence of multilayer nanotubes on fracture toughness // Science & Technique (Belarus). 2012. № 4. P. 52–57.
6. Khuzin A.F., Gabidullin M. G., Rakhimov R. Z., Gabidullina A. N., Stoyanov O.V. Modification of cement composites with carbon nanotubes // Vestnik KTU. 2013. T. 16. № 5. P. 115–118.
7. Pimenov A. I., Ibragimov R. A., Izotov V. S. Influence carbon nanotubes and methods of administration on properties of cement compositions // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2014. № 6. P. 26–30.
8. Korolev E. V. Nanotechnology in material science. Analysis of achievements and current state. Ways of development // Stroitel'nye materialy. 2014. № 11. P. 47–79.
9. Khuzin A. F. Cement composites with the addition of multi-layer carbon nanotubes. Kazan: KGASU, 2014. 20 p.
10. Halikova R. A. The modified hybrid organic-inorganic binders for basalt-plastic armature. Kazan: KGASU, 2015. 17 p.
11. Khozin V. G., Abdrakhmanova L. A., Nizamov R. K. Common concentration pattern of effects of construction materials nanomodification // Stroitel'nye materialy. 2015. № 2. P. 25–33.
12. Stroganov V. F., Sagadeev E. V. Biodeterioration of construction materials // Stroitel'nye materialy. 2015. № 5. P. 5–9.
13. Stroganov V. F., Sagadeev E. V. Introduction to the biodeterioration of construction materials: monograph. Kazan: KGASU, 2014. 200 p.
14. The laboratory setup for testing samples of construction materials on the biostability in modeling mediums: patent № 170410 of the Rus. Federation. № 2016123279; decl. 10.06.2016; publ. 24.04.2017. Bull. in № 12. 1 p.

15. Rakov E. G. Nanotubes and Fullerenes. M. : Logos, 2006. 376 p.
16. Bazhenov A. V., Fursova T. N., Grazhulene S. S., Red'kin A. N., Telegin G. F. Sorption of metal ions on multi-walled carbon nanotubes // Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. 2010. V. 18. № 4- 6. P. 564- 568.
17. Zhu S., Zhang H., Bai R. Microwave-accelerated dissolution of MWNT in aniline // Materials Letters. 2007. V. 61. № 1. P. 16- 18.
18. Bantignies J.-L., Sauvajol J.-L., Rahmani A., Flahaut E. Infrared-active phonons in carbon nanotubes // Physical Review B. 2006. V. 74. № 19. P. 195425.
19. Bekhterev A. N., Zolotarev V. M. Study of the vibrational states of nanocrystalline carbon by diffuse reflection spectroscopy // Optika i spektroskopiya. 2007. V. 102. № 6. P. 890- 896.
20. Nemanich R. J., Solin S. A. First- and second-order Raman scattering from finite-size crystals of graphite // Physical Review B. 1979. V. 20. № 2. P. 392- 401.

УДК 691.175

Сулейманов Альфред Мидхатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: sulejmanov@kgasu.ru

Шакиров Алмаз Райнурович

аспирант

E-mail: alma-94@mail.ru

Аглиуллина Аделя Фаритовна

инженер

E-mail: delestream@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Старовойтова Ирина Анатольевна

кандидат технических наук, заместитель директора по науке

E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru

ООО «НПФ «Рекон»

Адрес организации: 420095, Россия, г. Казань, ул. Восстания, 100, Технополис «Химград», стр. 7

**Исследование кратковременной и длительной прочности
адгезионных клеевых соединений
для устройства систем внешнего армирования строительных конструкций**

Аннотация

Постановка задачи. Одним из эффективных современных методов усиления строительных конструкций является использование систем внешнего армирования с применением углеродных композиционных материалов. Для оценки технико-экономической эффективности применения полимерных композиционных материалов в системах внешнего армирования строительных конструкций необходимо знать их долговечность или прогнозируемый срок службы. Целью данного этапа работы является определение коэффициентов длительной прочности клеевых соединений на основе результатов механических испытаний.

Результаты. Исследована адгезионная прочность клеевых соединений: «металл – эпоксидный клей – металл», «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань», «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань». Определены значения кратковременной и длительной прочности клеевых соединений различных типов, получены температурные коэффициенты условий работы для различных температурных режимов эксплуатации, рассчитаны коэффициенты длительной прочности.

Выводы. Значимость полученных данных для строительной отрасли состоит в разработке методов оценки долговечности клеев для устройства систем внешнего армирования. Полученные на данном этапе результаты будут использованы при проведении экспериментальных работ по оценке долговечности эпоксидных клеев и прогнозированию сроков службы систем внешнего армирования строительных конструкций.

Ключевые слова: система внешнего армирования, усиление строительных конструкций, полимерные композиционные материалы, эпоксидный клей, долговечность, прочность, коэффициент длительной прочности.

Введение

На сегодняшний день существует значительное количество зданий и сооружений (гражданских, промышленных, спортивных), построенных 30-40 и более лет назад и интенсивно эксплуатируемых до сих пор. С учетом развития процессов коррозии, старения и разрушения несущих конструкций зданий и сооружений с течением времени, изменяющихся условий эксплуатации и других факторов, многие элементы и конструкции требуют технического перевооружения и реконструкции. В процессе эксплуатации возникает вопрос об усилении конструктивных элементов.

Для восстановления наряду с применением традиционных способов и материалов для ремонта и усиления (наращивание сечений, изменение расчетных схем, применение стальных обоев и др.) [1, 2], большое внимание уделяется поиску и разработке новых конструктивных решений и материалов, которые по своей эффективности превосходят известные способы усиления и ремонта. Одним из эффективных современных методов усиления строительных конструкций является использование систем внешнего армирования (СВА) строительных конструкций с применением углеродных композиционных материалов [3-6]. СВА включает изделия (ткани, холсты, ленты) из армирующих высокопрочных волокон – как правило, углеродных (существенно реже – стеклянных или базальтовых) и клеевые связующие – обычно на эпоксидной основе, с помощью которых осуществляется пропитка и закрепление армирующих волокон на поверхности усиливаемой конструкции.

С учетом накопленного опыта применения СВА и результатов научных исследований в данной области был разработан и введен в действие Свод правил (СП) 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования». В данном СП расчетное значение сопротивления растяжению R_f для композитного материала существенно снижается по сравнению с нормативным значением $R_{(f,n)}$. Значимым параметром, уменьшающим нормативное значение сопротивления растяжению $R_{(f,n)}$, является коэффициент условий работы, учитывающий сцепление композитного материала с бетоном γ_{f2} . Объясняется это сложной природой адгезионного соединения на эпоксидных связующих между бетоном и композитным материалом. Для дальнейших исследований в этой области, регулирования и оптимизации эксплуатационных характеристик СВА, необходимо иметь надежные методики и экспериментальные инструментари.

На сегодняшний день малоизучен вопрос долговечности адгезионного соединения композитного материала с бетоном. Большинство работ в области систем внешнего усиления строительных конструкций посвящены изучению общих вопросов по усилению композитными материалами. Так, например, проведенный анализ наиболее ценных исследований, по мнению авторов работ [7, 8] показывает недостаточность приведенных результатов исследований. В работах [9, 10] отмечается зависимость долговечности конструкций, усиленных СВА, от множества эксплуатационных условий.

Для оценки долговечности СВА необходимо изучить длительную прочность клеевого соединения в этих системах.

На характер разрушения клеевого соединения существенное влияние оказывают релаксационные свойства полимера. Это проявляется при изменении скорости нагружения. Известно, что при небольших скоростях нагружения происходит когезионное разрушение (в основном и промежуточных слоях), а повышение скорости приводит к адгезионному или адгезионно-смешанному разрушению. Объясняется это тем, что при высокой скорости разрушения клеевой прослойки, исключается релаксация напряжений [11]. Таким образом, механизм разрушения клеевого соединения при кратковременных испытаниях отличается от разрушения при длительном воздействии механической нагрузки.

То есть, клеевым соединениям, как и всем твердым телам, свойственна временная зависимость прочности от напряжения. По этой причине необходимо определять эксплуатационные свойства клеевых соединений под действием длительного напряжения.

Поэтому во многих случаях вместо понятия «прочность» следует использовать более широкое понятие «длительная прочность», т.е. функциональную зависимость между временем до разрушения и приложенной нагрузкой [11].

Другой аспект, результаты экспериментов, посвященные исследованию прочности и долговечности СВА в железобетонных конструкциях, показывают, что разрушение всегда происходит по бетону. Таким образом, в системе «бетон-эпоксидный клей-углеродная ткань» определяется прочность и долговечность бетона, а не адгезионного соединения бетон-клей, что, в свою очередь, не дает возможность получать достоверные данные при исследованиях по модификации адгезионного соединения в этом звене СВА.

В данной работе, в целях оперативного определения параметров расчётного аппарата СВА разработана методика оценки длительной прочности клеевого соединения данной системы.

Материалы и методы адгезионных испытаний клеевых связующих

Для определения исходных характеристик были изготовлены и испытаны образцы на кратковременную прочность. При этом исследованы следующие типы клеевых соединений:

- 1) «металл – эпоксидный клей – металл»;
- 2) «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань»;
- 3) «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань».

Испытания на определение кратковременной прочности проводятся на образцах клеевого соединения типа «металл – эпоксидный клей – металл» и «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань».

Тип соединения «металл – эпоксидный клей – металл» представляет собой два металлических «грибка», соединенных между собой при помощи эпоксидного клея (рис. 1а), тип соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» представляет собой металлическую пластину с приклеенной к ней углеродной тканью с одной (рис. 1 б) либо с двух сторон (рис. 1в). При типе соединения «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань» углеродная ткань приклеивается на бетонную балочку.

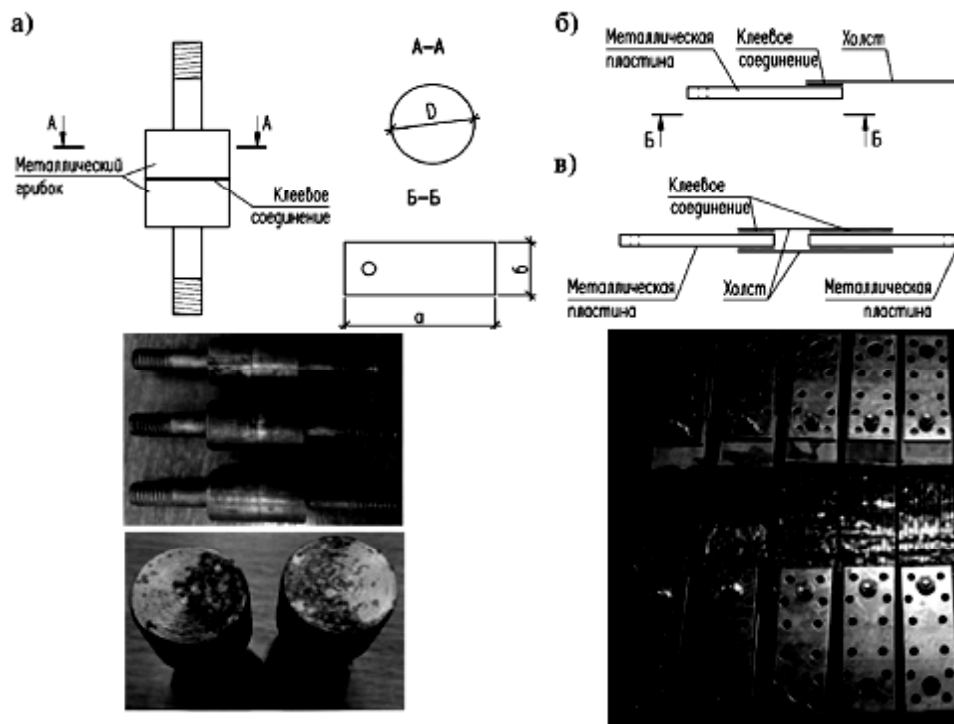


Рис. 1. Схемы клеевых соединений: а) тип соединения «металл – эпоксидный клей – металл»; б), в) типы соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» (иллюстрация авторов)

Образцы типа соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» изготавливали с применением пластин в нескольких вариантах:

- 1 – с применением металлической пластины из черного металла без предварительной обработки поверхности склеивания;
- 2 – с применением металлической пластины из черного металла с предварительной обработкой поверхности склеивания;
- 3 – с применением металлической пластины из нержавеющей стали без предварительной обработки поверхности склеивания;
- 4 – с применением металлической пластины из нержавеющей стали с предварительной обработкой поверхности склеивания.

Для создания шероховатой поверхности (подобной поверхности бетона) площадь склеивания металлических пластин 2-го и 4-го варианта клеевых соединений обрабатывали на круге истирания с применением кварцевого песка.

Размеры металлических пластин из чёрного металла и нержавеющей стали составляли 60×20×4 мм (длина, ширины, толщина).

Длина нахлеста при формировании клеевого соединения составляла 25 мм.

При изготовлении клеевых соединений использовали углеродную ткань FibArm Таре – 530 российского производства.

При изготовлении образцов применялся клей на эпоксидной основе холодного отверждения российского производства. Клеевые соединения различных типов испытывались через 7 суток отверждения при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Длительная прочность определяется на образцах типа соединений «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с приклеиванием углеродной ткани с двух сторон. С учетом склонности черного металла к коррозии при воздействии влаги, образцы были изготовлены с применением пластин из нержавеющей стали.

Для определения длительной прочности были изготовлены испытательные стенды, обеспечивающие длительное приложение постоянной статической нагрузки (рис. 2-3). Испытательный стенд представляет собой металлическую раму из двух швеллеров, соединенных между собой металлическими стержнями. На верхний швеллер крепится пружина, на двух швеллерах соосно с осью пружины высверливаются отверстия для прохода шпилек. Для сжатия пружин и нагружения образцов предусмотрена затяжная гайка. Величина нагружения контролируется при помощи индикаторов часового типа, которые крепятся между двумя ветками пружины так, чтобы можно было контролировать перемещение витков пружины. Перед нагружением каждая пружина тарировалась с использованием динамометра, определялась зависимость между перемещением витков и соответствующей нагрузкой. Для предотвращения перекоса образцов предусмотрен шарнирный узел крепления.

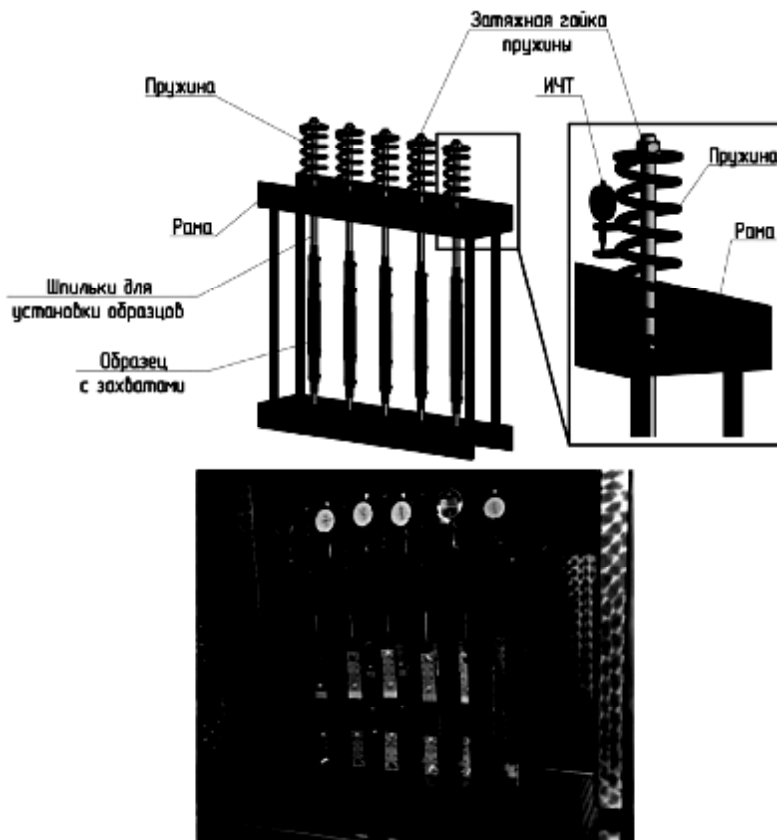


Рис. 2. Принципиальная модель и фото установки (испытательного стенда) для определения длительной прочности клеевых соединений (иллюстрация авторов)

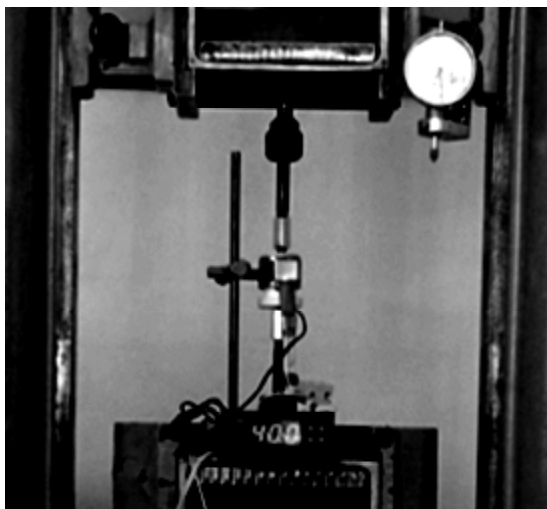


Рис. 3. Определение кратковременной адгезионной прочности клеевого соединения при отрыве (к стали) внутри термоустановки (иллюстрация авторов)

При длительных механических испытаниях образцов в условиях повышенных температур разработанные испытательные стенды с закрепленными клеевыми соединениями помещали в климатическую камеру (термобарокамеру) ИЛКА (рис. 2), где устанавливали соответствующий температурный режим.

Результаты механических (адгезионных) испытаний клеевых связующих для устройства СВА строительных конструкций

Образцы типа соединения «металл – эпоксидный клей – металл» были испытаны на модернизированной разрывной машине с термостатом (рис. 3) при четырех температурных режимах: $t_1=20^{\circ}\text{C}$, $t_2=40^{\circ}\text{C}$, $t_3=60^{\circ}\text{C}$, $t_4=80^{\circ}\text{C}$. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и на рис. 4.

Из данных табл. 1 видно, что с повышением температуры предел прочности клеевого соединения существенно снижается – с 8,0 МПа при 20°C до 1,75 МПа при 80°C . При этом в интервале температур от 40°C до 60°C наблюдается достаточно интенсивное снижение предела прочности, что, скорее всего, обусловлено переходом эпоксидного адгезива в этом интервале температур из стеклообразного состояния в высокоэластическое.

Таблица 1

**Кратковременная адгезионная прочность клеевых соединений
«металл – эпоксидный клей – металл» при различных температурах испытаний**

№	Температура испытаний t , $^{\circ}\text{C}$	Предел прочности, МПа	Среднее значение предела прочности, МПа	Температурный коэффициент условий работы, m_t
1	20	7,573	8,02	1,0
2		7,714		
3		8,762		
4	40	6,582	6,79	0,85
5		6,440		
6		7,360		
7	60	3,255	3,00	0,37
8		2,619		
9		3,114		
10	80	1,557	1,75	0,2
11		2,265		
12		1,415		

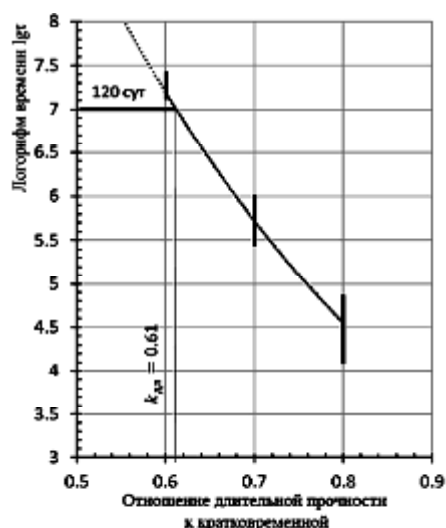


Рис. 4. График зависимости длительной прочности клеевого соединения от логарифма времени (иллюстрация авторов)

При испытании образцов типа соединения «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань» во всех образцах разрушение происходило когезионно по бетону (рис. 5). Данный тип разрушения не подходит для исследования прочности клеевого соединения. Поэтому дальнейшие исследования были проведены на клеевых соединениях с применением металлических пластин.

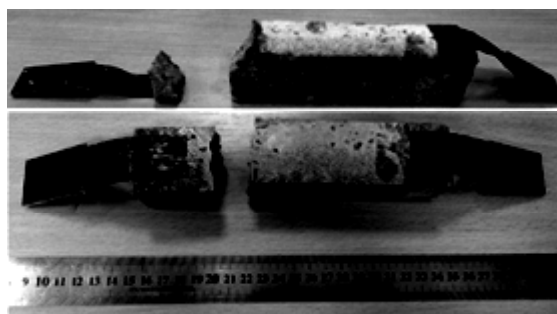


Рис. 5. Образцы типа клеевого соединения «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань» после испытания на разрывной машине (иллюстрация авторов)

При испытании образцов типа соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлических пластин из черного металла были получены большие разбросы в значениях (табл. 2). Это связано с разной степенью шероховатости на поверхностях пластин. Обработка на круге истирания при одинаковых условиях не дает одинаковой шероховатости поверхности, что приводит к значительному разбросу значений, полученных при испытаниях.

Таблица 2

**Результаты испытаний образцов типа соединения
«металл – эпоксидный клей – углеродная ткань»**

Наименование показателя	Значение показателя в зависимости от материала пластин и его подготовки:			
	Черный металл (поверхность)		Нержавеющая сталь (поверхность)	
	Без обработки (гладкая)	С обработкой (шероховатая)	Без обработки (гладкая)	С обработкой (шероховатая)
Среднее напряжение σ , МПа	3,17	7,36	5,55	7,1
Дисперсия	0,97	9,36	0,032	0,56

При испытании образцов типа соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлических пластин из нержавеющей стали полученные значения на необработанных образцах наиболее близкие друг другу (табл. 2). Таким образом добиться одинаковой шероховатости при использовании круга истирания достаточно сложно. Поверхность необработанных пластин из нержавеющей стали имеют относительно одинаковую шероховатость по всей площади, что позволяет получать меньший разброс в результатах испытаний. В связи с этим принято решение в дальнейших испытаниях использовать образцы с пластинами из нержавеющей стали без подготовки поверхности. Для предотвращения перекоса образцов при механических испытаниях были изготовлены и испытаны образцы типа соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлической пластины из нержавеющей стали с приклеиванием углеродной ткани с двух сторон. Результаты эксперимента по определению кратковременной прочности клеевых соединений данного типа приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты испытаний образцов клеевого соединения
«металл – эпоксидный клей – углеродная ткань»
с применением металлической пластины из нержавеющей стали
с приклеиванием углеродной ткани с двух сторон**

Наименование показателя	Значение показателя
Среднее напряжение σ , МПа	5,16
Дисперсия	0,32

По результатам кратковременных испытаний образцов типа клеевого соединения «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлической пластины из нержавеющей стали с приклеиванием углеродной ткани с двух сторон принято решение использовать данный тип образцов при определении длительной прочности клеевого соединения.

Длительная прочность образцов клеевого соединения типа «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлической пластины из нержавеющей стали с приклеиванием углеродной ткани с двух сторон определялась под нагрузками $P_{0,8}=0,8 \cdot P_{co}=480$ кгс, $P_{0,7}=0,7 \cdot P_{co}=420$ кгс, $P_{0,6}=0,6 \cdot P_{co}=360$ кгс при температуре $t=20$ °С.

Результаты испытаний по основному методу представлены в табл. 4 и графически выражены в полулогарифмических координатах (рис. 4).

Согласно методике ЦНИИСК [12] длительная статическая прочность определяется по уровню нагрузки, под которой образцы не разрушаются в течение 10^7 - 10^8 сек. «По этой величине длительной статической прочности определяется коэффициент длительной прочности k_{dl} как отношение длительной прочности к кратковременной». Как видно из рис. 4 с уменьшением величины нагрузки длительность пребывания образцов под нагрузкой возрастает. При $P_{0,6}=0,6 \cdot P_{co}$ разрушились менее 5 % из всех испытуемых образцов. Из рис. 5 видно, что при $lgt = 10^7$ отношение длительной прочности к кратковременной $k_{dl}=0,61$.

Таблица 4

**Результаты испытаний образцов типа соединения
«металл – эпоксидный клей – углеродная ткань»
с применением металлической пластины из нержавеющей стали
с приклеиванием углеродной ткани с 2-х сторон на длительную прочность**

Средняя предельная разрушающая нагрузка, $P_{сд}$, кг	Нагрузка при испытаниях P , кг	Среднее время до разрушения t , с	Отношение длительной прочности к кратковременной	lgt
656,6	525,28	48980,7	0,8	4,64
	459,62	496733,3	0,7	5,62
	393,96	20740000,00	0,6	7,31

Заключение

По результатам проведенных экспериментальных исследований клеевых соединений можно сделать следующие выводы:

1. Механизм разрушения клеевого соединения при кратковременных испытаниях отличается от механизма разрушения при длительном воздействии механической нагрузки.
2. По результатам температурных и длительных испытаний получены температурный коэффициент условий работы k_t для различных температурных режимов эксплуатации, а также коэффициент длительной прочности $k_{дл}$.
3. При испытании адгезионных соединений «бетон – эпоксидный клей – углеродная ткань» разрушение имеет когезионный характер – происходит разрушение бетона и определяется его прочность и долговечность. Соответственно, получить достоверные при исследованиях по модификации адгезионного соединения в этом звене СВА не представляется возможным.
4. Для исследований длительной прочности клеевого соединения предложены образцы клеевого соединения типа «металл – эпоксидный клей – углеродная ткань» с применением металлической пластины из нержавеющей стали с приклеиванием углеткани с двух сторон, что позволит избежать отслоения ткани при испытаниях.

Список библиографических ссылок

1. Шилин А. А., Пшеничный В. А., Картузов Д. В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами. М. : Стройиздат, 2007. 184 с.
2. Радайкин О. В., Шарафутдинов Л. А. К определению оптимального фибрового армирования на основе компьютерного моделирования в ПК ANSYS изгибаемых железобетонных элементов, усиленных с применением сталефибробетона : сборник статей III Международной конференции (IX Всероссийской конференции) «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции» / ЧГУ, Чебоксары, 2016. С. 138–143.
3. Viktor Gribniak, Vytautas Tamulenas, Pui-Lam Ng, Aleksandr K. Arnautov, Eugenijus Gudonis, and Ieva Misiunaite. Mechanical Behavior of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams Bonded with External Carbon Fiber Sheets. Materials (Basel). 2017 Jun. 10 (6). 666 p.
4. Ratan Kharatmol, Pankaj Sananse, Rohit Tambe, Ms. Raksha, J. Khare. Strengthening of Beams Using Carbon Fibre Reinforced Polymer // International Journal of Emerging Engineering Research and Technology. 2014. Vol. 2. Iss. 3. P. 119–125.
5. Marwan Blkasem Salah Alferjani, Abdul Aziz Bin Abdul Samad Blkasem Salah Elrawaff, Noridah Binti Mohamad, Mohd Hilton Bin Ahmad. Shear strengthening of reinforced concrete beams using carbon fiber reinforced polymer laminate: A review // American Journal of Civil Engineering. 2014. № 2 (1). P. 1–7.
6. Vytautas Tamulenas, Regimantas Ramanauskas, Gintaris Kaklauskas. Experimental and numerical investigation on tensile concrete elements bonded with external CFRP sheets // Procedia Engineering. 2017. V. 172. P. 1146–1153.
7. Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Чесноков Г. В., Михалдыкин Е. С. Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 1. Отечественные эксперименты при статическом нагружении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8. № 3.
8. Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Чесноков Г. В., Михалдыкин Е. С. Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 2. Влияние температуры // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8. № 4.
9. Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Чесноков Г. В., Михалдыкин Е. С., Мандрик-Котов Б. Б. Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 3. Влияние циклического нагружения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2016. Том 8, № 5.

10. Лягуша Т. К. Испытания на долговечность железобетонных конструкций, усиленных системой FibARM. М. : ЗАО «ХК «Композит», 2016. 35 с.
11. Фрейдин А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений. М. : Химия, 1971. 256 с.
12. Фрейдин А. С., Шолохова А. Б., Ву Ба Кiem. Пособие по расчетным характеристикам клеевых соединений для строительных конструкций. М. : Издательство литературы по строительству, 1972. 58 с.

Sulejmanov Alfred Midhatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: sulejmanov@kgasu.ru

Shakirov Almaz Raynulovich

post-graduate student

E-mail: alma-94@mail.ru

Agliullina Adelya Faritovna

engineer

E-mail: delestream@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Starovoitova Irina Anatolevna

candidate of technical sciences, deputy director for science

E-mail: irina-starovoitova@yandex.ru

LLC «RDC «Recon»

The organization address: 420033, Russia, Kazan, Vosstaniya st., 100, Technopolis «Khimgrad», build 7

**The research of short-term and long-term strength of adhesives bond joint
for the external reinforcement of building structures**

Abstract

Problem statement. Use of external reinforcement systems using carbon composite materials is one of the most effective modern methods of strengthening building structures. It is necessary to know the durability or predicted service life of polymer composite materials to assess the technical and economic efficiency of external reinforcement in building structures. The purpose of this stage of work is to determine the long-term durability coefficients of adhesive joints based on the results of mechanical tests.

Results. The adhesion strength of adhesive joints was investigated in such compounds as: «metal-glue-metal», «concrete-glue-textiles», «metal-glue-textiles». The values of short-term and long-term strength of adhesive joints of various types were determined, obtained temperature coefficients of working conditions for different temperature operation conditions, calculated the coefficients of long-term strength.

Conclusions. The significance of the obtained data for the construction industry consists in the development of methods for assessing the durability of adhesives for the construction of external reinforcement systems. The results obtained at this stage will be used in conducting experimental work to assess the durability of epoxy adhesives and predict the service life of external reinforcement systems for building structures.

Keywords: system of external reinforcement, reinforcement of building structures, polymer composite materials, epoxy adhesive, durability, failure resistance, coefficient of long-term strength.

References

1. Shilin A. A., Pshenichnyi V. A., Kartuzov D. V. External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. М. : Stroyizdat. 2007. 184 p.

2. Radaikin O. V., Sharafutdinov L. A. To determination of the optimal fiber reinforcement based on computer simulation in PC ANSYS bending reinforced concrete blocks, reinforced using steel fiber concrete: dig. of art. III International scientific conference (IX All-Russian conference) «New in architecture, design of building structures and reconstruction» / CSU, Cheboksary. 2016. P. 138–143.
3. Viktor Gribniak, Vytautas Tamulenas, Pui-Lam Ng, Aleksandr K. Arnautov, Eugenijus Gudonis, and Ieva Misiunaite. Mechanical Behavior of Steel Fiber-Reinforced Concrete Beams Bonded with External Carbon Fiber Sheets. *Materials* (Basel). 2017 Jun. 10 (6). 666 p.
4. Ratan Kharatmol, Pankaj Sananse, Rohit Tambe, Ms. Raksha, J. Khare. Strengthening of Beams Using Carbon Fibre Reinforced Polymer // *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*. 2014. Vol. 2. Iss. 3. P. 119–125.
5. Marwan Blkasem Salah Alferjani, Abdul Aziz Bin Abdul Samad Blkasem Salah Elrawaff, Noridah Binti Mohamad, Mohd Hilton Bin Ahmad. Shear strengthening of reinforced concrete beams using carbon fiber reinforced polymer laminate: A review // *American Journal of Civil Engineering*. 2014. № 2 (1). P. 1–7.
6. Vytautas Tamulenas, Regimantas Ramanauskas, Gintaris Kaklauskas. Experimental and numerical investigation on tensile concrete elements bonded with external CFRP sheets // *Procedia Engineering*. 2017. V. 172. P. 1146–1153.
7. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin E. S. Analysis of experimental studies on the reinforcement of reinforced concrete structures with polymer composite materials. Part 1. Domestic experiments with static loading // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. 2016. Tom 8. № 3.
8. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin E. S. Analysis of experimental studies on the reinforcement of reinforced concrete structures with polymer composite materials. Part 2. The effect of temperature // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. 2016. Tom 8. № 4.
9. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin Ye. S., Mandrik-Kotov B. B. Analysis of experimental studies on the reinforcement of reinforced concrete structures with polymer composite materials. Part 3. The effect of cyclic loading // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYe»*. 2016. Tom 8. № 5.
10. Lyagusha T. K. Tests for durability of reinforced concrete structures reinforced with FibARM system. M. : ZAO «KHK «Kompozit». 2016. 35 p.
11. Freydin A. S. Durability and durability of adhesive joints. M. : Khimiya, 1971. 256 p.
12. Freydin A. S., Sholokhova A. B., Vu Ba Kiyem. Manual on the design characteristics of adhesive joints for building structures. M. : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1972. 58 p.

УДК 699.865

Шелихов Николай Сергеевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: shelihov@kgasu.ru

Рахимов Равиль Зуфарович

доктор технических наук, профессор

E-mail: rakhimov@kgasu.ru

Сагдиев Руслан Рустемович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Зарезнов Дмитрий Александрович

генеральный директор

E-mail: zareznov.amex@mail.ru

ООО «Гермес»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Вишневского, д. 26

Современное состояние производства и применения пеностекла для тепловой изоляции

Аннотация

Постановка задачи. Вопросы эффективности строительных материалов изделий и конструкций с каждым днем становятся все более значимыми, одним из которых является экономия энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и сооружений. Поэтому целью исследования явилось определение основных источников тепловых потерь в строительных конструкциях, и способов их снижения.

Результаты. Результаты исследования показали основные недостатки в теплоизоляционных конструкциях, недостаточное использование и производство таких передовых эффективных теплоизоляционных материалов как пеностекло.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в необходимости развития производств эффективных теплоизоляционных материалов, широком распространении пеностекла для тепловой изоляции и повышения общей тепловой эффективности зданий и сооружений.

Ключевые слова: теплоизоляция, теплоизоляционные конструкции, пеностекло, энергосбережение.

Введение

Рациональное использование природных ресурсов и энергосбережение становятся все более и более значимыми в современном мире. Наиболее приоритетными направлениями российской и мировой экономики являются: снижение топливно-энергетических затрат, применение современных энергоэффективных технологий и материалов, улучшение эффективности теплозащиты зданий, сооружений и промышленных объектов.

Во второй половине XX века мировое сообщество пришло к осознанию того, что безудержное изъятие из недр природных минеральных и энергетических ресурсов, непрерывное наращивание производства с возрастающими объемами выбросов в окружающую среду побочных продуктов и отходов приведет в недалеком будущем к гибели земной цивилизации [1].

В связи с этим в середине второй половины 20-го века на Всемирном саммите ООН в Рио-де-Жанейро была принята концепция дальнейшего «устойчивого развития» мировой цивилизации, базирующейся на решении проблем ресурсо-, энергосбережения и защиты окружающей среды. Во многих странах, включая РФ, были приняты общие и отраслевые программы обеспечения «устойчивого развития» [2].

Энергосбережение и пеностекло

Экономия топливно-энергетических ресурсов стала стратегической задачей РФ, а один из ключевых способов решения данной проблемы – уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

С 2003 года в РФ действуют повышенные требования по энергоэффективности ограждающих конструкций при проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий, сооружений¹.

В связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы и ужесточением строительных норм в РФ систематически ставится задача понижения энергоемкости экономики.

В других промышленно развитых странах с проявлением мирового энергетического кризиса во второй половине 20-го века наблюдалось интенсивное развитие производства теплоизоляционных материалов. Мировой энергетический кризис того времени не затронул СССР и не вызвал необходимости интенсивного развития промышленности теплоизоляционных материалов.

После снижения производства и потребления теплоизоляционных материалов в период 1985-1995 гг. в России наблюдается их значительный рост за счет развития промышленности производства теплоизоляционных материалов, строительству новых производств и увеличения импортных поставок. Однако, пока и на настоящее время объемы производства теплоизоляционных материалов в России меньше, чем в Швеции, США, Германии и Финляндии.

Известна весьма широкая номенклатура теплоизоляционных материалов для строительной и промышленной теплоизоляции, сведения об их разновидностях и свойствах представлены в учебных, специальных и справочных изданиях по строительным материалам, специально по теплоизоляционным материалам и теплоизоляции зданий и сооружений, трубопроводов и оборудования [3, 4].

Проблема энергосбережения решается при применении теплоизоляционных материалов в гражданском, промышленном и сельскохозяйственном строительстве и эксплуатации зданий. В зависимости от особенностей технологических процессов теплоизоляционные материалы применяются для теплоизоляции тепловых агрегатов, резервуаров, объектов с отрицательными и положительными температурами, дымовых труб, газопроводов, газоперерабатывающих агрегатов и т.д. [5].

Потери тепла в зданиях и сооружениях составляют через стены – 40 %, окна – 23 %, крышу – 18 %, вентиляцию – 14 %, подвал – 10 %. Общие потери тепловой энергии через поверхности зданий, сооружений, теплопроводов и оборудования достигли к последнему времени 360 млн. т условного топлива в год, что составляет около 30 % годового потребления первичных топливно-энергетических ресурсов России.

Важнейшая роль в энергосбережении и экономии топлива принадлежит теплоизоляционным материалам. При средней общей массе зданий и сооружений на 1 м² площади кирпичного или крупноблочного строительства ~ 2 т, применение легких стеновых материалов с утеплением эффективными теплоизоляционными материалами позволяет снизить массу конструкций здания в 4-6 раз. Применение теплоизоляционных материалов снижает материалоемкость строительных материалов изделий и конструкций. Например: при строительстве панельных и каркасных зданий в 1,5-3 раза уменьшается расход стали, цемента в 3-4 раза. То есть с применением теплоизоляционных материалов одновременно решаются задачи обеспечения «устойчивого развития» энерго- и ресурсосбережения и экологии.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что для повышения экономической эффективности, долговечности и пожарной безопасности зданий, сооружений, промышленного оборудования и трубопроводов необходимо расширение применения во всех отраслях хозяйства легких пористых минеральных материалов из опал-кристобалитовых пород и стеклобоя, а также композиционных материалов и изделий на основе минеральных и органических вяжущих, гранулированного пеностекла, пеностеклового щебня и песка.

¹СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

В последние годы номенклатура производимых теплоизоляционных материалов в России сложилась по объемам следующим образом: минераловатные материалы – 65-67 %, стекловолнистые материалы – 7-9 %, пенопласты – 19-21 %, ячеистые бетоны – 3 %, прочие – 0,6-0,8 %.

Важнейшую роль в обеспечении теплоизоляции зданий, сооружений, выполняют и теплоизоляционно-конструкционные и теплоизоляционно-отделочные материалы и изделия, к которым относятся: легкие и ячеистые бетоны; бетоны на пористых наполнителях и заполнителях; кладочные, штукатурные и напольные готовые растворы и сухие строительные смеси.

Для обеспечения снижения энергозатрат во всех отраслях хозяйства до уровня других технически развитых стран, а также обеспечения конкурентоспособности экономики очевидна необходимость в России соответствующего расширения объемов производства теплоизоляционных материалов с учетом мировых тенденций развития их производства по номенклатуре.

По мнению ряда ученых и специалистов, основным видом отечественного теплоизоляционных материалов рано или поздно станут материалы из пеностекла [6].

Главными преимуществами пеностекляных материалов по сравнению с другими теплоизоляционными материалами является повышенные долговечность, прочность, химическая и биологическая стойкость, негорючесть, экологичность, стабильность форм и размеров в процессе эксплуатации, низкое водопоглощение, морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость, неигроскопичность.

Пеностекляные материалы не подвержены старению, окислению, эрозии, воздействию воды и температурных перепадов, биологической коррозии и химических реагентов. Прочность на сжатие пеностекла выше прочности волокнистых материалов и пенопластов. Пеностекляные материалы при нагревании плавятся как обычное стекло без выделения токсичных веществ, отличаются экологичностью и санитарной безопасностью.

Значительное расширение объемов применения пеностекляной продукции в отечественных отраслях хозяйства в определенной мере сдерживается отсутствием государственной нормативной документации и повышенной стоимостью их по сравнению с другими теплоизоляционными материалами. Вторая проблема снимается при оценке повышенной долговечности, химической и биологической стойкости, пожарной безопасности пеностекляной теплоизоляции. В странах Европы известны европейские нормы на пеностекляные материалы и их применение². При этом на применение пеностекляных теплоизоляционных материалов не накладываются никакие ограничения.

Особенности природно-климатических условий России, активное стимулирование строительства: федеральные программы, иностранные инвестиции и др. способствует активному использованию современных утеплителей. Объем производства и потребления пеностекла может достичь 10 % от всего объема рынка утеплителей.

В Западной Европе в год производится и потребляется 1 млн. м³ пеностекла. В Китае построено более 10 заводов по производству пеностекла общей производственной мощностью более 1,5 млн. м³. В России наблюдается дефицит пеностекла из-за отсутствия нормативной и правовой базы. Согласно расчетам производителей, дефицит составляет около ~70 тыс. м³ в год, что в 50 раз больше фактически производимого пеностекла [7].

В России пеностекло пока внесено в СТО Госстроя по кровельным материалам и разработаны отдельные руководства по применению и материалы предприятий-производителей с описанием своей пеностекляной продукции и технические условия производителей и разработчиков на отдельные их разновидности³.

В ряде технологических работ, опубликованных в научных журналах РФ в 2013-2016 годах [8-10] приведены предположения о технических решениях и направлениях

²EN 14305-2009. Thermal insulation products for building equipment and industrial installations – Factory made cellular glass (CG) products – Specification;
EN 13167-2012. Thermal insulation products for buildings – Factory made cellular glass (CG) products – Specification.

³ТУ 5914-002-70153001-2004 Теплошумоизоляция из пеностекла FOAMGLAS® для нефтегазопроводов. Технические условия; ТУ 5914-003-43189350-2004 Плиты теплоизоляционные из пеностекла «Неопорм-150». Технические условия.

развития технологии, которые позволят сделать пеностекольную продукцию, производимую в РФ, более востребованной на рынке строительных материалов.

В Белоруссии, в которой производство и применение пеностекла имеют давние традиции, действуют отдельные отраслевые рекомендации на теплоизоляцию с применением пеностекла и технические условия на пеностекольные материалы.

В настоящее время в мировой и отечественной практике энергосбережения пеностекольные материалы находят эффективное применение; в гражданском строительстве и эксплуатации жилых и общественных зданий и сооружений; в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой, энергетической промышленности, дорожном и аэродромном строительстве, кораблестроении, машиностроении и т.д.

В промышленно-гражданском строительстве пеностекольные теплоизоляционные материалы зарекомендовали себя, как эффективные при теплоизоляции стен, кровель, полов, перекрытий, фундаментов, подземных сооружений, подвалов, эксплуатируемых кровель, дополнительных этажей на существующих зданиях, ремонте старых зданий, трубопроводов, резервуаров, инженерных коммуникаций; при утеплении сооружений со сложном температурно-влажностном режимом – портовые сооружения, бани, бассейны, аквапарки; хоккейных и футбольных площадок, теннисных кортов и полей для гольфа, строительстве на слабых грунтах.

Теплоизоляционные конструкции из пеностекла

Наибольшая эффективность пеностекла достигается при его применении в составе теплоизоляционной конструкции. Теплоизоляционной конструкцией является комплекс мер, направленных на выполнение требований по внутренним условиям работы изолируемого здания и сооружения и внешним условиям эксплуатации.

В зависимости от условия работы изоляционного материала и вида защищаемой конструкции выбирается соответствующая изоляционная конструкция. Основные виды защищаемых конструкций:

- оборудование и трубопроводы технологических установок и энергетических систем, холодильных установок;
- теплофикационные сети;
- промышленные печи и дымовые трубы;
- жилые и промышленные здания и сооружения;
- транспортные средства.

В зданиях и сооружениях тепловой изоляцией обеспечиваются фундаменты, ограждающие конструкции, в том числе междуэтажные и чердачные перекрытия, бесчердачные покрытия, инженерные системы и коммуникации.

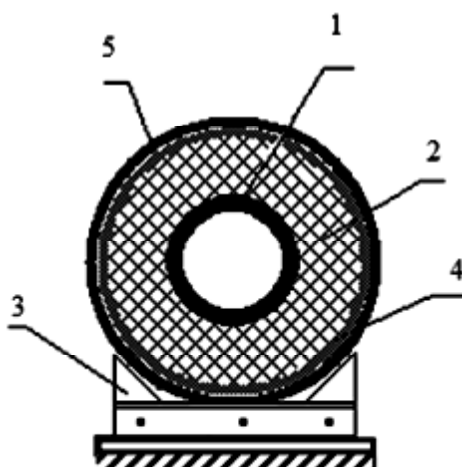


Рис. 1. Элементы теплоизоляции трубопровода:

- 1 – трубопровод (изолируемая поверхность); 2 – теплоизоляционный слой;
3 – крепежные элементы; 4 – пароизоляция; 5 – защитный слой (СНиП 2.04.14-88)

Основные типы теплоизоляционных конструкций с применением пеностекла (рис. 1). В состав теплоизоляционной конструкции входят следующие основные элементы (на примере трубопровода):

- теплоизоляционный слой;
- защитный слой, предохраняющий теплоизоляционный материал от климатических воздействий, механических повреждений, воздействия агрессивных сред;
- пароизоляционный слой, для защиты тепловой изоляции от атмосферной влаги;
- крепежных элементов, обеспечивающих крепление теплоизоляционного и защитного слоев, как между собой, так и к изолируемой поверхности.

При необходимости в состав теплоизоляционной конструкции дополняют антикоррозионным или отделочным слоем.

Разновидности теплоизоляционных конструкций.

Из пеностекла возможно производить следующие типы теплоизоляционных конструкций по СНиП 2.04.14-88:

1. полносборные заводской готовности (КТП) (рис. 2);
2. конструкция теплоизоляционная комплектная (КТК) (рис. 3).

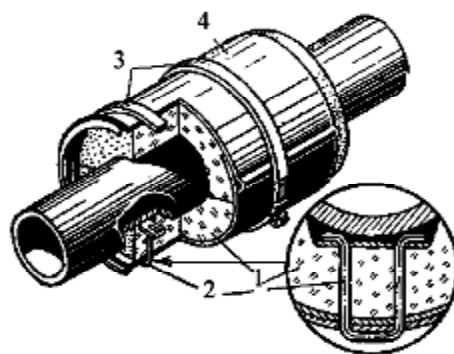


Рис. 2. Полносборная теплоизоляционная конструкция:

1 – теплоизоляционный слой; 2 – шплинт; 3 – бандаж; 4 – защитный слой (СНиП 2.04.14-88)

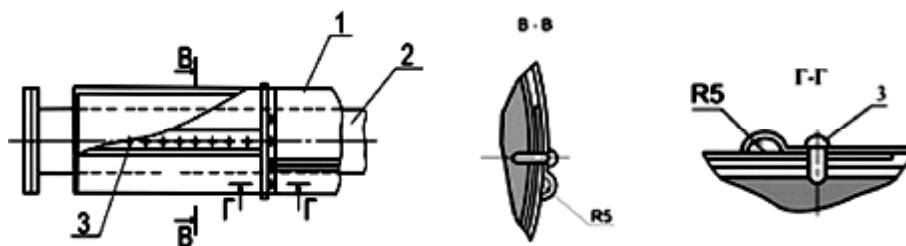


Рис. 3. Комплектная изоляция цилиндрами. Крепление металлического покрытия винтами:

- 1 – теплоизоляционный цилиндр с листовым металлическим покрытием;
- 2 – изолируемая поверхность; 3 – винты (СНиП 2.04.14-88)

Теплоизоляционная полносборная конструкция (КТП), представляющее готовое к применению теплоизоляционное изделие, состоящее из следующих элементов: теплоизоляционного слоя скрепленного с защитным покрытием при помощи клея или шплинтов, и дополненное деталями для крепления конструкции к изолируемой поверхности.

Конструкция теплоизоляционная комплектная (КТК) представляет собой комплект готовых деталей, предварительно подготовленных по типоразмерам теплоизоляционных изделий, элементов защитного покрытия и деталей крепления, собираемых поэлементно на месте монтажа.

Заключение

Проведенный анализ в области тепловой изоляции из пеностекла показал, что конструкции, в которых теплоизоляционный и покровный слой выполнены из штучных

изделий, а также засыпные, набивные, мастичные и литые конструкции являются неиндустриальными, а индустриальными конструкциями будут полносборные и комплектные. Приведенные примеры вариантов теплоизоляции и обзор применения пеностекла свидетельствуют о безусловной перспективе дальнейшего использования пеностекляной теплоизоляции для широкого спектра строительных конструкций. Применение пеностекла для теплоизоляции повысит общее качество строительства, поскольку оно обладает рядом преимуществ по сравнению с другими теплоизоляционными материалами (негорючесть, негигроскопичность, стойкость и др.).

Список библиографических ссылок

1. Леонтьев В. Будущее мировой экономики. Доклад группы экспертов ООН. М. : Международные отношения, 1979. 212 с.
2. Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года. Утв. 30 мая 2011 г. № 262. М. : Госстрой РФ, 2011. 25 с.
3. Иванцов А. И., Куприянов В. Н. Температурный режим поверхности ограждающих конструкций зданий в климатических условиях РФ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 3 (19). С. 44–50.
4. Liu Y., Chen W., Liu M. The effect of foaming temperature on the foam glass by using waste glass // Gongneng Cailiao. 2016. Т. 47. № 2. Р. 135–138.
5. Samoilenko V. V., Uglova T. K., Tatarintseva O. S. Effect of the dispersity of glass batch on the structure and properties of foam glass // Glass and Ceramics. 2014. Т. 71. № 5-6. Р. 185–188.
6. Zhu M., Li Z., Wang H., Liu L., Zhang Z., Ji R. Preparation of glass ceramic foams for thermal insulation applications from coal fly ash and waste glass // Construction and Building Materials. 2016. Т. 112. Р. 398–405.
7. Техническая теплоизоляция на основе пеностекла «Неопорм». М. : Неопорм. Пеностекло теплоизоляционное, 2014. 16 с.
8. Кетов А. А., Толмачев А. В. Пеностекло – технологические реалии и рынок // Строительные материалы. 2015. № 1. С. 17–23.
9. Вайсман Я. И., Кетов А. А., Кетов Ю. А., Молочко Р. А. Эффект окисления углерода парами воды при гидратном механизме газообразования при получении ячеистого стекла // Журнал прикладной химии. 2015. Т. 88. Вып. 3. С. 118–121.
10. Кетов А. А. Перспективы пеностекла в жилищном строительстве // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 79–80.

Shelikhov Nikolay Sergeevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: shelikhov@kgasu.ru

Rakhimov Ravil' Zufarovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: rakhimov@kgasu.ru

Sagdiev Ruslan Rustemovich

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: ruslan-kgasu@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Zareznov Dmitriy Aleksandrovich

general director

E-mail: zareznov.amex@mail.ru

LLC «Hermes»

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Vishnevskogo st., 26

The current state of production and use of foam glass for thermal insulation

Abstract

Problem statement. Issues of the effectiveness of building materials, products and structures are becoming increasingly important every day, one of which is the saving of energy resources during the operation of buildings and structures. Therefore, the purpose of the study was to determine the main sources of heat losses in building structures, and ways to reduce them.

Results. The results of the study showed the main shortcomings in thermal insulation structures, insufficient use and production of such advanced effective thermal insulation materials as foam glass.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in the need to develop the production of efficient thermal insulation materials, the wide distribution of foam glass for thermal insulation and increase the overall thermal efficiency of buildings and structures.

Keywords: thermal insulation, thermal insulation structures, foam glass, energy saving.

References

1. Leontyev V. The Future of the World Economy. Report of the UN expert group. M. : Mezhdunarodnyye otnosheniya, 1979. 212 p.
2. Strategies for the development of the industry of building materials and industrial housing for the period up to 2020. Utv. 30 may 2011. № 262. M. : Gosstroy RF, 2011. 25 p.
3. Ivantsov A. I., Kupriyanov V. N. The temperature regime of the surface of the building envelope in the climatic conditions of the Russian Federation // Biosfernaya sovместimost: chelovec, region, tehnologii. 2017. № 3 (19). P. 44–50.
4. Liu Y., Chen W., Liu M. The effect of foaming temperature on the foam glass by using waste glass // Gongneng Cailiao. 2016. T. 47. № 2. P. 135–138.
5. Samoilenko V. V., Uglova T. K., Tatarintseva O. S. Effect of the dispersity of glass batch on the structure and properties of foam glass // Glass and Ceramics. 2014. T. 71. № 5-6. P. 185–188.
6. Zhu M., Li Z., Wang H., Liu L., Zhang Z., Ji R. Preparation of glass ceramic foams for thermal insulation applications from coal fly ash and waste glass // Construction and Building Materials. 2016. T. 112. P. 398–405.
7. Technical thermal insulation based on Neoporm foam glass. «Neoporm». M. : Neoporm. Penosteklo teploizolyatsionnoye, 2014. 16 p.
8. Ketov A. A., Tolmachev A. V. Foam glass – technological realities and the market // Stroitel'nyye materialy. 2015. № 1. P. 17–23.
9. Vaysman Ya. I., Ketov A. A., Ketov Yu. A., Molochko R. A. The effect of carbon oxidation by water vapor during the hydration mechanism of gas formation during the production of cellular glass // Zhurnal prikladnoy khimii. 2015. T. 88. V. 3. P. 118–121.
10. Ketov A. A. Perspectives of foam glass in residential construction // Stroitel'nyye materialy. 2016. № 3. P. 79–80.



УДК 69.058.3

Богданов Андрей Николаевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: BogdanovAN@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Алешутин Илья Алексеевич

Специалист по внедрению AEC, CAD, BIM, PDM

ООО «АСКОН-КАМА Консалтинг»

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 5

Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований – поиск методик осуществления контроля в строительстве с использованием наземного лазерного сканирования. Строительный контроль позволяет выявить нарушения на первых этапах строительства, предупреждая возникновение аварийных ситуаций в ходе дальнейших работ и при эксплуатации здания.

Результаты. Основные результаты состоят в определении преимуществ использования наземного лазерного сканирования при осуществлении контроля строительства, а также в BIM-технологиях. Показаны стадии жизненного цикла объекта, на которых наиболее эффективно использование этих технологий. Определены случаи, в которых необходим BIM: при контроле за соответствием геометрических параметров, при корректировке проекта в процессе строительства, при исполнительной съёмке в процессе строительства и после его окончания.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности с помощью технологии наземного лазерного сканирования выявить коллизии, ошибки строительства на раннем этапе, сократить риски выхода за пределы графика и бюджета строительства.

Ключевые слова: лазерное сканирование, 3D-модель, BIM-технология.

Введение

До настоящего времени для получения метрической информации об пространственных объектах применялись очень трудоемкие, не позволяющие сформировать подробную трехмерную модель объекта, методы. Принято считать, что применение технологии наземного лазерного сканирования в строительстве взяло свое начало в области реконструкции памятников архитектуры. Как правило, таким объектам свойственно наличие сложных элементов (например, резные фасады), которые невозможно представить набором простых геометрических примитивов (с помощью цилиндров, сфер, плоскостей и т.д.) [1]. На протяжении последних 10 лет в практику топографо-геодезического производства внедряется технология наземного лазерного сканирования [2]. Наземное лазерное сканирование является самым оперативным и высокопроизводительным средством получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте [3].

Благодаря высокой автоматизации процесса сбора информации, участие оператора заключается лишь в качественной подготовке сканера к работе. Более полные цифровые данные невозможно представить никаким другим из известных способов.

Идея осуществления контроля строительства с использованием 3D-технологий лазерного сканирования – не нова. С момента появления первых 3D-сканеров в гражданском и промышленном строительстве (2002-2004 гг.) с разным успехом этим занимаются почти все владельцы лазерных сканеров. Однако приходится констатировать, что до сих пор отсутствуют какие-либо официальные методики выполнения подобных работ и отраслевая нормативная документация в целом.

Технология наземного лазерного сканирования

Принцип работы технологии сканирования заключается в определении пространственных координат точек объекта. Процесс выполняется с помощью измерений расстояния до всех определяемых точек посредством фазового или импульсного безотражательного дальномера. Измерения производятся с очень высокой скоростью – тысячи, десятки тысяч, а порой и миллионы измерений в секунду. На пути к объекту импульсы лазерного дальномера сканера проходят через систему, которая состоит из одного подвижного зеркала. Именно оно отвечает за вертикальное смещение луча. Горизонтальное смещение луча лазера осуществляется путем поворота верхней части сканера относительно нижней, жестко прикрепленной к штативу. Зеркало и верхняя часть сканера управляются прецизионными сервомоторами. В конечном итоге именно они обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый объект. Зная угол разворота зеркала и верхней части сканера в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки [3].

Важным отличием лазерного сканера от других инструментов сканирования, является тот факт, что он может производить съемку объектов, находящихся в любом месте сферы – полный круг по горизонтали 360° и 270° по вертикали. Точность измерения расстояния и СКО при работе с 3D-сканером согласно инструкции МИ СМК 71.12.12 представлены в табл. 1. Альбе́до является показателем отражательной способности поверхности снимаемого объекта.

Таблица 1

Точности измерений при работе с лазерными сканерами

Расстояние	Альбе́до 14 %	Альбе́до 37 %	Альбе́до 80 %
10 м	0,5 мм	0,4 мм	0,3 мм
25 м	1 мм	0,6 мм	0,5 мм
50 м	2,7 мм	1,2 мм	0,8 мм
100 м	10 мм	3,8 мм	2 мм

В итоге результатом такой съемки является облако точек (рис. 1). Облако точек содержит в себе миллионы измерений. Высокая степень автоматизации наземного сканирования имеет некоторое превосходство перед другими способами информации. Во-первых, лазерное сканирование может определить координаты, заданные точки объекта в полевых условиях. Затем трехмерная визуализация в режиме реального времени предоставляет возможность на этапе полевых работ сформировать нерабочие зоны. Во-вторых, при этом методе отсутствует потребность обеспечения сканирования заданных точек объекта с двух расположений стояния, так как точность измерений предельно высока. Также, при съемке в опасных и труднодоступных районах, благодаря удаленному получению результатов сканирования, обеспечивается безопасность работника [4].

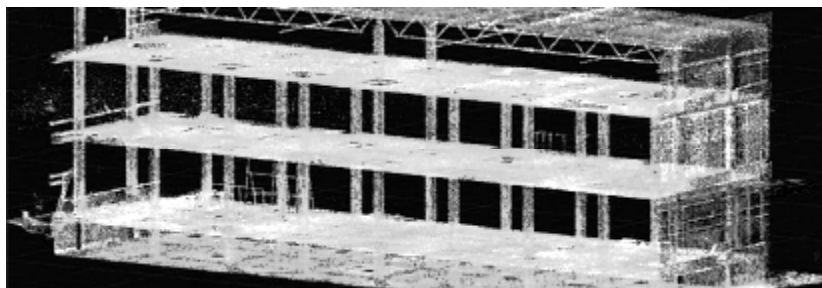


Рис. 1. Облако точек 3D-сканирования строящегося производственного корпуса
(http://www.ngce.ru/pg_projects240.html)

Для геопривязки, обработки и «объединения» информации, полученной в процессе сканирования, применяется специальный программный комплекс (рис. 2). На этапе «сшивки» облака точек формируется карта сферических панорам здания, которая позволяет просматривать панорамы с любой точки сканирования, оставлять заметки,

аннотации, проводить замеры и др. Такой подход значительно упрощает взаимодействие с застройщиками, строителями, проектировщиками и другими заинтересованными лицами. Впоследствии «облако точек» значительно дорабатывается и детализируется до степени, пригодной для создания на его основе качественной BIM-модели объекта [5].

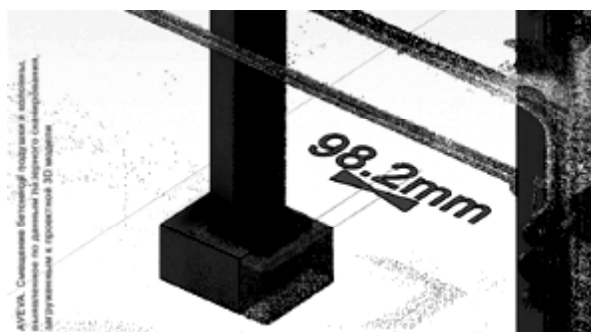


Рис. 2. Смещение бетонной подушки и колонны, выявленное по данным лазерного сканирования, загруженным к проектной 3D-модели (<http://acropol-geo.ru/o-texnologii/119-kontrol-stroitelstva>)

Исходя из этого, есть возможность создания исполнительной информационной модели непосредственно в процессе строительно-монтажных работ, к концу которых у вас будет достоверная BIM-модель объекта, готовая к доработке в эксплуатационную.

Актуальные цены лазерной съемки в зависимости от площади снимаемой поверхности приведены в табл. 2 [6].

Таблица 2

Стоимость лазерного сканирования зданий и сооружений

Площадь сканирования, м ²	Цена, руб./м ²
0-500	150 (мин. цена 40000 руб.)
500-1000	130 (мин. цена 75000 руб.)
1000-2000	100 (мин. цена 130000 руб.)
2000-5000	70
5000-10000	50

В табл. 3 приведены основные технические характеристики и стоимость современных профессиональных лазерных приборов от иностранных производителей. Скорость сканирования таких инструментов от 40000 до 1200000 точек/сек. Точность в зависимости от дальности измерений от 0,2 до 7 мм [7].

Таблица 3

Технические характеристики современных лазерных сканеров

№ п/п	Модель сканера	Цена, руб
1	Лазерный сканер Trimble TX8	3 490 000
2	Leica HDS8800	2 390 000
3	Лазерный сканер Trimble TX5	1 600 000
4	Лазерный сканер SURPHASER 25HSX MRX	1 680 000

Использование лазерного сканирования на разных зданиях жизненного цикла объекта.

Информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM) – это гораздо больше, чем технология проектирования. Это целая стратегия, комплексный подход, применяемый на всех уровнях строительной цепочки (проектировании, строительстве и эксплуатации). Для наиболее значительно повышенной эффективности в процессе создания точных интеллектуальных 3D-моделей используют преимущества лазерного сканирования [8].

Основным отличием информационного моделирования от иных видов проектирования является сбор и комплексная обработка всей архитектурно-конструкторской, экономической, эксплуатационной, технологической и иной информации о здании в единой информационной среде. В то же время абсолютно все элементы модели являются взаимосвязанными и взаимозависимыми, что, по сути, делает модель реалистичной (приближенной к реальному зданию и реальной ситуации) [9]. Поэтому применение данной технологии в этом случае позволяет проводить на основе данных съемки модернизацию объектов, создавать координацию между проектами и оптимизировать рабочие процессы.

Использование наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM технологиях производится следующих случаях:

- При исполнительной съёмке в процессе выполнения строительно-монтажных работ и после их окончания;
- При корректировке проекта в процессе строительства;
- При контроле за соответствием геометрических параметров заново построенных объектов и проектной документации на эти объекты;
- При обновлении генплана и воссоздании утраченной строительной документации действующего объекта;
- При мониторинге изменения геометрических параметров эксплуатируемых зданий, сооружений и промышленных установок;
- При оптимальном планировании и контроле перемещения и установки сооружений и оборудования.

При проведении контроля за строительством промышленных и гражданских зданий и сооружений рационально использовать лазерное 3D-сканирование. В этом случае основное преимущество лазерного сканирования – оперативность получаемых данных. На объектах с большим количеством объектов, с высокой плотностью и высокими темпами строительства требуется держать бригаду специалистов, ежедневно проводящих геодезические измерения. Кроме, непосредственно, высокой стоимости таких работ неизбежен человеческий фактор, который приводит, во-первых, к затягиванию сроков, а во-вторых, к удорожанию строительных работ. За счет высокой степени автоматизации процесса сбора данных, использование 3D-лазерного сканирования способствует уменьшению влияния человеческого фактора. Мониторинг строительно-монтажных работ с помощью лазерного сканирования позволяет регулярно актуализировать информацию о текущем состоянии строительства, оперативно корректировать календарно-сетевой график, а также контролировать ход работ [10]. Совмещение исходной модели с проектной моделью позволяет выявить коллизии, ошибки строительства на раннем этапе, сократить риски выхода за пределы графика и бюджета строительства. Таким образом, есть возможность создания исполнительной информационной модели непосредственно в процессе строительно-монтажных работ, к концу которых у вас будет достоверная BIM-модель объекта, готовая к доработке в эксплуатационную.

При реконструкции промышленных зданий, насыщенных технологическим оборудованием, большое значение имеет пространственная информация о существующем технологическом оборудовании и строительных конструкциях. Подобная информация может храниться и обрабатываться в виде плоских чертежей на бумажном носителе (которые, к тому же нередко не соответствуют действительности), а может – в виде актуальной трехмерной модели, которая может быть построена с помощью лазерного сканера. Такая 3D-модель существующего производства способствует не только правильному проектированию реконструкции, но и существенно (от 0,4 % до 10 %) снизить затраты на устранение ошибок на этапе строительно-монтажных работ, что в конечном счете удешевляет и ускоряет весь процесс реконструкции предприятия [11].

В свою очередь лазерное сканирование также используют для средней детализации, то есть в техническом задании устанавливается ограничение предметного интереса. Например, такой набор: «сканированию подлежат трубопроводы диаметром от 118 мм. И более; металлоконструкции – только несущие; остальные элементы лишь в случае, если хоть один их габаритный размер превышает 210 мм (рис. 3). Так в одном из гражданских зданий было необходимо вычислить взаимное расположение нескольких

металлоконструкций для дальнейшего решения поставленных задач, имея при этом точнейшие данные, полученные при обработке результатов лазерного сканирования [12].

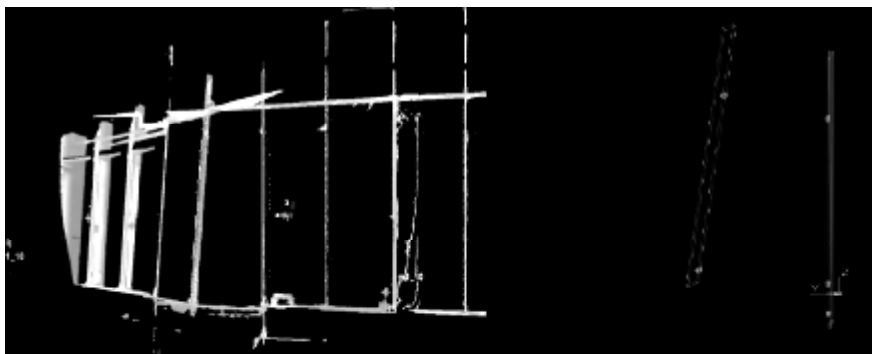


Рис. 3. Пример обработки результатов лазерного сканирования средней детализации [11]

Заключение

Проведя литературный обзор, изучив большой объем информации, мы пришли к выводу, что, несмотря на практическое применение метода наземного лазерного сканирования для обследования отдельных объектов [13], в России, на сегодняшний день, отсутствуют какие-либо официальные методики выполнения подобных работ и отраслевая нормативная документация в целом.

В строительстве есть ряд уникальных задач, в которых применение лазерного сканирования становится по-настоящему необходимым, это касается, во-первых, сложных конструкции со множеством контрольных параметров и во-вторых, если необходимо осуществить сплошной контроль всего этапа строительства.

Современные работы по 3D-контролю (наземному лазерному сканированию) со временем появятся с приходом информационного моделирования, поскольку экономическая эффективность их проведения, как правило, оказывается достаточно высокой для заказчика. Более того, в будущее время не будет существовать иного объективного способа быстрого и точного сбора фактической информации об объекте.

Список библиографических ссылок

1. Середович В. А., Комиссаров Д. В., Комиссаров А. В., Широкова Т. А. Наземное лазерное сканирование // СГГА. 2009. № 3 (28). 261 с.
2. Середович В. А., Комиссаров Д. В. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования // СГГА. 2009. № 4 (29). С. 205–216.
3. Кошан Е. К. Возможности, преимущества и недостатки наземного лазерного сканирования // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. С. 27–30.
4. Hamzah A., Nathan M., Raymond R. Issa. Laser scanning technology and BIM in construction management education // ITcon Vol. 21. 2016. Shanbari et al. P. 206–207.
5. Gleason D. Laser Scanning for an Integrated BIM, 4D-Scheduling, 5D-Quantity and Cost // Trimble Navigation, Ltd. 2013. P. 8–16.
6. Применение технологий лазерного сканирования // GEOSYSTEMS.RU : интернет-изд. 2017. URL: <https://geosystems.ru/use/> (дата обращения: 29.09.2018).
7. Геодезическое и измерительное оборудование // FGEO.RU : ежедн. интернет-изд. 2018 URL: <https://www.fgeo.ru/catalog/scanner/> (дата обращения: 03.10.2018).
8. Припутин Н. А., Леонова А. Н. Применение BIM-технологии в строительстве // Молодежь и новые информационные технологии. Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых в рамках Программы развития

- деятельности студенческих объединений Череповецкого государственного университета «РАЙОН IT». 2016. С. 301–304.
9. Талапов В. В. Информационное моделирование зданий – современное понимание // ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)». 2015. 115 с.
10. Capturing BIM Data: Construction Laser Scanning // E-ARCHITECT.CO.UK : daily. In internet-edit. 2014. URL: <https://www.e-architect.co.uk/articles/laser-scanning-for-bim> (дата обращения: 03.10.2018).
11. Шевченко А. А., Мелитонян А. А. Методология создания BIM-моделей и творческая составляющая процесса BIM проектирования // Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». 2017. С. 168–172.
12. Шевченко Г. Г., Гура Д. А., Акопян Г. Т. Применение наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM технологиях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2018. № 2. С. 254–256.
13. Киямов И. К., Мингазов Р. Х., Музафаров А. Ф., Ибрагимов Р. А., Сибгатуллин И. А. Объемное проектирование путем применения технологии лазерного сканирования // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Том 12. № 3. С. 88–93.

Bogdanov Andrey Nikolaevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: BogdanovAN@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelyonaya st., 1

Aleshutin Ilya Alekseyevich

Specialist in introduction of AEC, CAD, BIM, PDM

LLC «ASCON-KAMA Consulting»

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Karl Marks st., 5

Land laser scanning in construction and BIM-technologies**Abstract**

Problem statement. The aim of the research is to identify methods of control in construction using ground laser scanning. Construction control allows you to identify violations in the early stages of construction, preventing accidents in the course of further work and in the operation of the building.

Results. The main results consist in the definition of the advantages of using terrestrial laser scanning during the monitoring of construction, and BIM technology. The stages of the life cycle of the object at which the use of these technologies is the most effective. Identified cases requiring BIM: when monitoring for compliance of geometrical parameters, the adjustment of the project in process of construction, when built survey during the construction process and after its completion.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry consists in the possibility of using the land laser scanning technology to identify collisions, construction errors at an early stage, to reduce the risks of going beyond the limits of the construction schedule and budget.

Keywords: laser scanning, 3D-model, BIM-technology.

References

1. Seredovich V. A., Komissarov D. V., Komissarov A. V., Shirokova T. A. Land-based laser scanning // SGGA. 2009. № 3 (28). 261 p.
2. Seredovich V. A., Komissarov D. V. State, problems and prospects of application of ground laser scanning technology // SGGA. 2009. № 4 (29). P. 205–216.

3. Koshan E. K. Possibilities, advantages and disadvantages of land laser scanning // Interexpo geo-Siberia. 2017. P. 27–30.
4. Hamzah A., Nathan M., Raymond R. Issa. Laser scanning technology and BIM in construction management education // ITcon Vol. 21. 2016. Shanbari et al. P. 206–207.
5. Gleason D. Laser Scanning for an Integrated BIM, 4D-Scheduling, 5D-Quantity and Cost // Trimble Navigation, Ltd. 2013. P. 8–16.
6. Application of laser scanning technologies // GEOSYSTEMS.RU : daily. internet-edit. 2017. URL: <https://geosystems.ru/use/> (reference date: 29.09.2018).
7. Geodetic and measuring equipment // FGEO.RU : daily. internet-edit. 2018. URL: <https://www.fgeo.ru/catalog/scanner/> (reference date: 03.10.2018).
8. Priputin N. A., Leonova, A. N. Application of BIM-technology in construction // Youth and new information technologies. All-Russian scientific and practical conference of young scientists in the framework of the Program of development of student associations of Cherepovets state University «RAYON IT». 2016. P. 301–304.
9. Talapov V. V. Building Information Modeling – modern understanding // FSBEI of HE «NGASU (Sibstrin)». 2015. 115 p.
10. Capturing BIM Data: Construction Laser Scanning // E-ARCHITECT.CO.UK : daily. internet-edit. 2014. URL: <https://www.e-architect.co.uk/articles/laser-scanning-for-bim> (reference date: 03.10.2018).
11. Shevchenko A. A., Melitonyan A. A. Methodology for the creation of BIM-models and creative part of the process of BIM design // Mezhdunarodny tsentr innovatsionnyh issledovaniy «OMEGA SCIENCE». 2017. P. 168–172.
12. Shevchenko G. G., Gura D. A., Hakobyan G. T. Application of terrestrial laser scanning in construction and BIM technologies // Nauchniye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo technologicheskogo universiteta. 2018. № 2. P. 254–256.
13. Kiyamov I. K., Mingazov R. H., Muzafarov A. F., Ibragimov R. A., Sibgatullin I. A. Volume design by use of technology of laser scanning // Uchenye zapiski Almetevskogo gosudarstvennogo neft'yanogo instituta. 12. № 3. P. 88–93.

УДК 621.863

Мудров Александр Григорьевич

доктор технических наук, профессор

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Мудрова Анна Александровна

соискатель

E-mail: annamudrova@mail.ru

Федеральная служба по аккредитации (Росаккредитация)

Адрес организации: 117312, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 7

Процесс перемешивания в пространственных устройствах

Аннотация

Постановка задачи. В настоящее время наиболее перспективными смесителями являются пространственные с неравномерным движением емкости, в состав которых входят только вращательные шарниры, оформляемые на стандартных подшипниках качения. Смесители имеют высокий КПД, один источник привода и минимальное число подвижных звеньев: три, четыре, или шесть, очень эффективны в работе. Пока малоизвестны, мало исследованы.

Цель исследования – разработать модели объемного движения частиц в емкости, вывести математические формулы, характеризующие условия гарантированного скольжения и отрыва частиц в разных зонах емкости с учетом геометрических параметров смесителей и частоты вращения емкости.

Результаты. Приведен расчет условий скольжения и отрыва частиц от дна емкости в разных точках длины емкости. Определены математические значения угловой скорости емкости, выявлено влияние параметров механизма на условия объемного движения частиц материала, определены оптимальные режимы процесса перемешивания.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в существенном преимуществе пространственных смесителей с неравномерным движением емкости для приготовления высокооднородных по составу смесей, универсальность использования для многих процессов, простота и надежность в работе.

Ключевые слова: переменная угловая скорость, ускорение, пространственные смесители, вращательные шарниры, математические модели.

Введение

Перемешивание материалов является одним из распространенных процессов, как в строительном производстве, так и в народном хозяйстве. Перемешиванием материалов люди занимались с древнейших времен, однако какой-либо науки и теории как таковой не было. Систематическое изучение процессов перемешивания началось с 30-40 годов двадцатого столетия на основе методов подобию.

В последующие годы были обоснованы и выявлены основные закономерности процесса перемешивания и предложены методы расчета аппаратов с мешалкой и смесителей (перемешивающие устройства). В основном наука о перемешивании касалась химии и химической промышленности [1].

В этой части исследований большой вклад внесли ученые нашей страны: Кафаров В.В., Васильцов Э.Х., Брагинский Л.Н. и другие [2, 3]. Из зарубежных ученых в этой области можно отметить: Стренк Ф., Штербачек З, Тауск П., Холланд Ф., Бредшоу П. и другие [4, 5].

Из обзора перемешивающих устройств можно установить поэтапное развитие их конструкций, беря за основу характер движения рабочего органа (мешалки или емкости). Первый этап развития – устройства только с простым вращательным движением их рабочих органов, второй этап – устройства, рабочие органы которых имеют комбинацию двух простых движений, осуществляемых каждое от своего индивидуального источника привода, третий этап развития – устройства, рабочие органы которых совершают сложное

движение посредством сложных преобразующих механических передач; четвертый этап – устройства, рабочие органы которых совершают сложное пространственное движение с неравномерной скоростью от одного источника привода [6].

Как показали результаты лабораторно-производственных исследований, интенсивность процесса смешения материалов во многом определяется характером движения рабочего органа – у устройств четвертого этапа развития интенсивность и качество смеси во много раз (десятки) выше, чем у таковых первого этапа развития.

Большая часть исследований касалась устройств со стационарным режимом работы при постоянной скорости и при простом движении рабочего органа. Очень мало работ, рассматривающих процесс смешения в емкости, совершающей сложное движение и практически нет исследований в емкости, совершающей сложное пространственное неравномерное движение.

Трудами ученых создана теория смешения в различных конструкциях смесителей, изучены многие вопросы этого процесса, как в теоретическом, так и в практическом аспектах, проведены многочисленные исследования по оптимизации режима работы и конструктивных параметров, но только при стационарном режиме работы.

Методы изучения движения материала в емкости смесителей со сложным движением отличаются разнообразными подходами в зависимости от типа конструкции и типа движения, мало изучены и отличаются разными подходами к процессу смешения материала. Например, в планетарных смесителях движение одной частицы представлялось состоящим из трех видов: плоское движение в массиве частиц, движущихся вместе с емкостью, скольжение частиц относительно массива или стенки и свободный полет частицы.

В других работах рассматривалось движение частицы в двух вращательных движениях вокруг пересекающихся осей, выведено уравнение движения одной частицы при сферическом движении.

При рассмотрении слоев сыпучего материала используются модели механики грунтов, а для вязко текучего и невязкого состояния – модель Стоксовской жидкости с особыми свойствами, применена теория случайных процессов, где плотность распределения вероятности перемещения отдельных частиц удовлетворяет уравнению Фоккера-Планка. Также использовалась теория Марковского разрывного процесса, и взаимопроникающая многоскоростная модель Ландау-Рахматуллина.

Можно отметить и другие методы исследования процесса перемешивания: физико-химической гидродинамики, теория турбулентности Прандтля – Кармана, теория локально изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова, методы химической кибернетики и системного анализа, использование математического моделирования на основе экспериментального определения функции распределения времени пребывания в аппарате, применение стохастической теории для изучения микроперемешивания и другие.

Как видно из краткого обзора, имеются сведения о многих методах исследования процесса перемешивания в смесителях, однако использовать их в смесителях со сложным пространственным неравномерным движением емкости не представляется возможным, так как вопросы оптимизации геометрических и режимных параметров в этих методах не рассматривались, тем более на стадии проектирования.

В созданных нами смесителях (7 классификационных групп) емкости совершают сложное пространственное неравномерное движение самого разного закона движения звеньев [7]. Смесители в составе имеют только вращательные шарниры, оформленные на стандартных подшипниках качения, поэтому имеют высокий КПД. Одно из звеньев механизмов выполняет функцию емкости. Все смесители имеют один источник привода. Следует указать ещё на большое их преимущество – у них число подвижных звеньев всего три, четыре, пять или шесть.

Процесс перемешивания в таких смесителях еще не изучен и не исследован, так как такие смесители пока ни у нас в стране, ни за рубежом не могут изготовить из-за особых структурных условий. Такие смесители имеются только на кафедре «Дорожно-строительные машины» КГАСУ.

Цель исследования – разработать модели объемного движения частиц в емкости, вывести математические формулы, характеризующие условия гарантированного

скольжения и отрыва частиц в разных зонах емкости с учетом геометрических параметров смесителей и частоты вращения емкости.

Анализ и обсуждение исследований

С какой позиции подойти к изучению процесса перемешивания при пространственном неравномерном типе движения? Каким образом увязать процесс перемешивания, конструктивные параметры и режим работы смесителя?

Мы исходили из того, что в основе перемешивания компонентов обязательно присутствует их взаимное сложное объемное перемещение (диффузионное), в этой связи представляет большой интерес выявление условий, при которых это движение осуществляется.

Сложность заключается в том, что поскольку сама емкость совершает сложное пространственное неравномерное движение, то у каждой точки дна емкости будет свой закон движения и условия скольжения частиц материала в зоне этих точек совершенно различны.

В качестве примера рассмотрим смеситель (рис. 1), сконструированный на базе четырехзвенного механизма Беннетта-Шитикова [8-10], у которого три подвижных звена: кривошипы АВ и DC, шатун BC, выполняющий функцию емкости. При работе ведущий кривошип АВ вращается с постоянной угловой скоростью, а ведомый кривошип DC – с переменной и в плоскости, расположенной под углом α_2 к плоскости вращения кривошипа АВ, следовательно, емкость будет иметь сложное пространственное неравномерное движение [11-13].

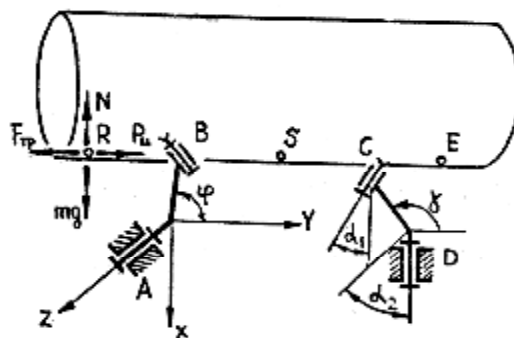


Рис. 1. Кинематическая схема смесителя (иллюстрация авторов)

Частицы компонентов в емкости при перемешивании скользят по дну емкости, совершают отрыв от дна, соударяются между собой и стенками емкости, отскакивают и снова повторяют те же циклы движения неоднократно. Смеситель отлично зарекомендовал себя в технике [14-18].

Определим сначала, как будет вести себя частица материала, если она будет находиться в разных местах дна емкости, например, в центре S, в стороне ведущего R и ведомого E кривошипов (рис. 1) и определим то минимальное значение угловой скорости, при которой начнется скольжение частицы по дну емкости и отрыв ее от поверхности дна, т.е. определим начальные условия, при которых начнется хаотическое движение частиц.

Рассмотрим условие скольжения частицы по дну емкости в различных ее местах. Пусть частица находится левее оси шарнира В в точке R, которая лежит на продолжении линии, соединяющей кратчайшее расстояние между осями шарниров емкости.

К частице приложены следующие силы (рис. 1): G – вес частицы, F – сила трения, N – реакция связи, P_u – сила инерции, действующая в плоскости zy . Частица начнет скольжение при условии $F=P_u$ или $fmg=ma_{yz}$, или $fg = a_{yz}$, здесь f – коэффициент трения скольжения частицы о дно емкости, a_{yz} – ускорение частицы в плоскости yz .

($a_{yz} = \sqrt{a_y^2 + a_z^2}$, где a_y – проекция вектора ускорения точки на ось y ; a_z – проекция вектора ускорения точки на ось z).

Значение проекций вектора ускорения точки определим по разработанной нами методике, используемой при кинематическом исследовании смесителей [16].

Расположим систему координат xuz так, чтобы ось z совпадала с осью шарнира A , а ось y – с прямой AD . При этом ведущий кривошип AB будет вращаться в плоскости xAy и его положение определяется углом φ , отсчитываемого от оси y , а ведомый кривошип

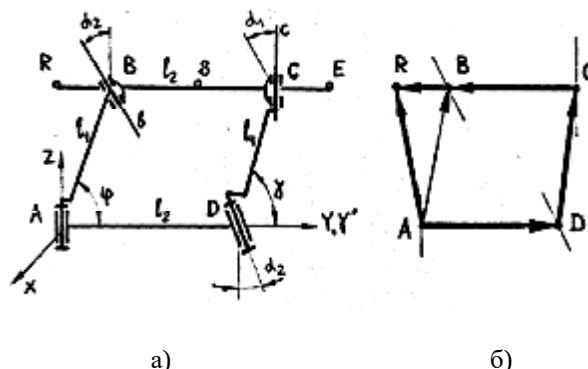


Рис. 2. Кинематическая и векторная схемы (иллюстрация авторов)

DC вращается в плоскости, повернутой на угол α_2 по отношению к плоскости xAy и его положение определяется углом γ .

Расстояние BR берется из конструктивных соображений в соответствии с принятым размером емкости. Примем отрезок $BR = kBC = kl_2$. Коэффициент k можно брать в пределах 0.1-1.0.

Для определения ускорения в точке R представим кинематическую схему смесителя (рис. 2а) и замкнутого векторного контура смесителя (рис. 2б) в виде $\overline{AB} + \overline{BR} - \overline{AR} = 0$ или $\overline{AR} = \overline{AB} + \overline{BR}$.

Это уравнение представляется через соответствующие отрезки и орты в проекциях на оси xuz , затем определяются проекции ортов и, продифференцировав проекции векторов, определяются проекции скоростей, продифференцировав проекции скоростей, определяются проекции вектора ускорений точки R на оси uz .

$$a_R^x = l_1 \left[(1+k) \omega^2 \sin j + k \cos \alpha_2 (e_3 \cos g - \omega_3^2 \sin g) \right]. \quad (1)$$

$$a_R^y = l_1 \omega^2 \frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{k c^2 a \cos j - k b c^2 - b c^2 \sin^2 j}{(a - b \cos j)^3} \right) - (1+k) \cos j \frac{d}{dt} \left(\frac{d}{dt} \right)}{\frac{d}{dt}} \quad (2)$$

$$a_R^z = k l_2 \omega^2 \sin \alpha_1 \sin j \frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{c b^2 - a b c \cos j - c^3}{(a - b \cos j)^3} \right) - c^3 \frac{d}{dt} \left(\frac{d}{dt} \right)}{\frac{d}{dt}} \quad (3)$$

В формулах обозначено:

k – коэффициент в пределах 0,1...1,0;

l_1 – длина кривошипа;

ω – угловая скорость емкости;

φ – угол поворота ведущего кривошипа;

$c = \cos \alpha_2 - \cos \alpha_1$, $\frac{d}{dt}$

$a = 1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_2$, $\frac{d}{dt}$

$b = \sin \alpha_1 \sin \alpha_2$, $\frac{d}{dt}$

α_1 – угол скрещивания осей шарниров кривошипов;

α_2 – угол скрещивания осей валов кривошипов.

Тогда, из условия скольжения частицы $fg = a_{yz}$, определяется минимальное значение угловой скорости вращения емкости – ω , при которой начинается скольжение частицы в точке R :

$$\omega = \sqrt{\frac{fg}{k^2 l_2^2 \sin^2 \alpha_1 \sin^2 f \frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{c b^2 - a b c \cos f - c^3}{(a - b \cos f)^3} \right) - c^3 \frac{d}{dt} \left(\frac{d}{dt} \right) + l_1^2 \frac{\frac{d}{dt} \left(\frac{k c^2 a \cos f - k b c^2 - b c^2 \sin^2 f}{(a - b \cos f)^3} \right) - (1+k) \cos f \frac{d}{dt} \left(\frac{d}{dt} \right)}{\frac{d}{dt}}}}. \quad (4)$$

Отрыв частицы от поверхности дна емкости произойдет при равенстве веса частицы составляющей инерционной силы по оси x , т.е. $mg = m\mathbf{a}_R^x$ или $g = \mathbf{a}_R^x$.

Проведя аналогичные действия, определяется минимальное значение угловой скорости емкости и ускорение $\mathbf{a}_R^x$ (формула 1), при которой начинается отрыв частицы от дна емкости в точке R:

$$w = \frac{g}{\sqrt{l_1 \sin \alpha_1 (1+k) + k \cos \alpha_2 \frac{cb^2 - acb \cos j - c^3}{(a - b \cos j)^3}}}. \quad (5)$$

Рассмотрим теперь точку S, лежащую в середине отрезка BC и определим условие скольжения и отрыва частицы в этой точке.

Траектория точки S определится радиус-вектором AS, который находится из замкнутого векторного контура ASBA (рис. 3), $A\vec{S} = A\vec{B} - S\vec{B}$, или $ASe_{AS} = ABe_{AB} - SBe_{SB}$.

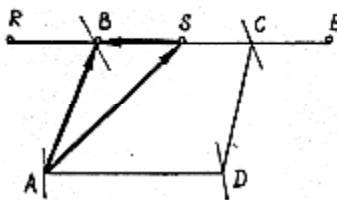


Рис. 3. Векторная схема для точки S (иллюстрация авторов)

После ряда промежуточных преобразований проекции вектора ускорения на оси координат x, y, z запишутся:

$$\mathbf{a}_s^x = 0.5 \mathbf{I}_1 [w^2 \sin j + \cos a_2 (w_3^2 \sin g - e_3 \cos g)], \quad (6)$$

$$\mathbf{a}_s^Y = -0.5\mathbf{I}_1(w^2 \cos j + w_3^2 \cos g + e_3 \sin g), \quad (7)$$

$$\mathbf{a}_s^Z = 0.5\mathbf{I}_2 \sin a_1 (\mathbf{w}_3^2 \sin g - \mathbf{e}_3 \cos g). \quad (8)$$

Скольжение частицы в точке S начнется при условии:

$$f_g = \sqrt{(a_s^Y)^2 + (a_s^Z)^2}. \quad (9)$$

Из этого равенства после ряда преобразований получим минимальное значение угловой скорости емкости, при которой начинается скольжение частицы в точке S:

$$W = \sqrt{\frac{2fg}{\sqrt{I_2^2 \sin^2 a_1 \frac{\dot{e}^3 \sin j + cb \sin j (a \cos j - b)}{(a - b \cos j)^3} \dot{U}^2 + I_1^2 \frac{\dot{e}^3 bc^2 - ac^2 \cos j + bc^2 \sin^2 j}{(a - b \cos j)^3} - \cos j} \dot{U}^2}} \quad (10)$$

Условие отрыва частицы запишется в виде $mg = m\mathbf{a}_S^x$ или $g = \mathbf{a}_S^x$. Принимая во внимание значение составляющей ускорения в точке S по оси x (формула 6), минимальное значение угловой скорости, при которой начинается отрыв частицы в точке S, запишется:

$$w = \sqrt{\frac{2g}{l_1 \sin j \left(\frac{c}{a} + \cos a_2 \right) \left(\frac{c^3 + cb(a \cos j - b)}{(a - b \cos j)^3} \right)}} \quad (11)$$

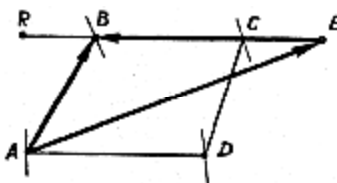


Рис. 4. Векторная схема для точки Е (иллюстрация авторов)

Рассмотрим теперь точку E, лежащую правее точки C, находящуюся в стороне ведомого кривошипа DC (рис. 4). Уравнение замкнутости векторного контура AEBA в этом случае запишется $\overline{AE} + \overline{EB} - \overline{AB} = 0$. После ряда промежуточных преобразований проекции вектора ускорения в точке E на оси координат хуz запишутся:

$$a_E^x = l_1 w^2 \sin j \left[(1-k) \frac{\dot{e}}{e} - \cos \alpha_2 \frac{\dot{e}^3 + acb \cos j - cb^2 \ddot{u}}{(a - b \cos j)^3} \right] \quad (12)$$

$$a_E^y = w^2 \frac{\dot{e}}{e} l_1 (k-1) \cos j + k l_1 \frac{\dot{e} bc^2 \sin^2 j + bc^2 - ac^2 \cos j}{(a - b \cos j)^3} \ddot{u} \quad (13)$$

$$a_E^z = k l_2 w^2 \sin \alpha_1 \sin j \frac{\dot{e} c^3 + acb \cos j - cb^2 \ddot{u}}{(a - b \cos j)^3} \quad (14)$$

Условие скольжения частицы в точке E, происходящее в плоскости у0z, определится условием:

$$fg = \sqrt{(a_E^y)^2 + (a_E^z)^2}. \quad (15)$$

Подставляя значения (13) и (14) проекций ускорения в условие (15), находим минимальное значение угловой скорости, при которой начинается скольжение частицы в точке E:

$$w = \sqrt{\frac{fg}{l_1^2 (k-1)^2 \cos^2 j + k^2 l_2^2 \sin^2 \alpha_1 \sin^2 j \frac{\dot{e}^3 + acb \cos j - cb^2 \ddot{u}}{(a - b \cos j)^3} + l_1^2 \frac{\dot{e} bc^2 \sin^2 j + bc^2 - ac^2 \cos j}{(a - b \cos j)^3} \ddot{u}}}. \quad (16)$$

Условие отрыва частицы в точке E запишется в виде $g = a_E^x$ или, подставляя значение a_E^x из выражения (12), находим минимальное значение угловой скорости, при которой начинается отрыв частиц в точке E:

$$w = \sqrt{\frac{g}{l_1 \sin j \left[(1-k) \frac{\dot{e}}{e} - \cos \alpha_2 \frac{\dot{e}^3 + acb \cos j - cb^2 \ddot{u}}{(a - b \cos j)^3} \right]}}. \quad (17)$$

Итак, получены математические зависимости, определяющие минимальные значения угловой скорости, при которой начинается скольжение и отрыв частиц в емкости, дно которой расположено по линии, соединяющей концы кратчайших расстояний между осями ее шарниров [19, 20].

Характерные точки взяты в центральной зоне емкости и в зонах ведущего и ведомого кривошипов.

Полученные выражения позволяют проследить за движением частиц на одном обороте вращения емкости в разных ее местах. Для этой цели полученные выражения исследовались на ЭВМ для конкретных типоразмеров смесителей, которые имеют место в практическом использовании.

Так, угол α_2 скрещивания осей вращения кривошипов можно принимать равным 45, 60 и 90°. Угол α_1 скрещивания осей шарниров кривошипов – в пределах 15-30° или 165-150° с шагом 5°. Такие значения углов охватывают наиболее вероятные и возможные варианты в конструировании, поскольку в совокупности смесители будут иметь углы, расположенные в одном и разных квадрантах, т.е. охватывают самые разнообразные типоразмеры смесителей.

Кратчайшее расстояние l_2 можно принимать для всех типов конструкций, равным 200 мм, это расстояние приемлемо для вместимости емкости от 10 до 100 л. Кратчайшее расстояние l_1 для каждой конструкции будет принимать свое конкретное значение, и определяться формулой $l_1 = l_2 \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2$.

Исследовались выражения (4, 10, 16), характеризующие условия скольжения в точках R, S, E для двадцати типоразмеров смесителей, здесь приводим результаты только для одной из характерных групп параметров.

Для смесителя с параметрами $\alpha_2 = 45^\circ, \alpha_1 = 20^\circ$ график скольжения частицы по дну емкости на одном обороте емкости показан на рис. 5. Как видно из графика, скольжение частиц происходит на полном обороте без разрыва, но в разных частях емкости начальные условия скольжения отличаются. Кривые имеют по два выраженных пика, различающихся по модулю для рассматриваемых точек.

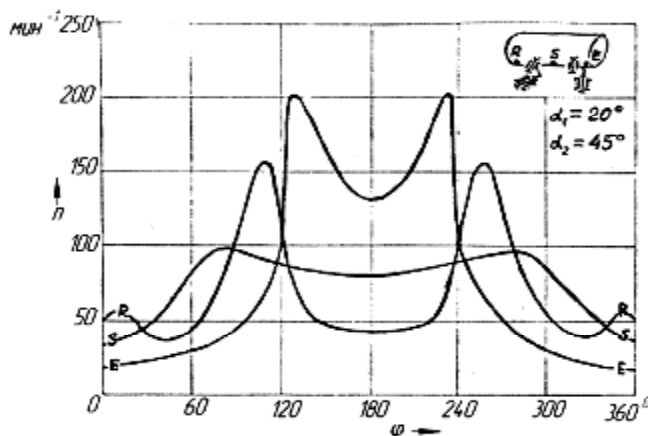


Рис. 5. Графики скольжения частиц (иллюстрация авторов)

По графику можно определить минимальное значение частоты вращения емкости с гарантированным скольжением частиц. Для зоны центра (точка S) значение частоты равно 99 мин^{-1} , для точки R — 150 мин^{-1} и для точки E — 200 мин^{-1} . Поскольку пиковые значения частоты соответствуют небольшому углу поворота (порядка $15\text{--}20^\circ$), то минимальное значение частоты можно принять равным $115\text{--}150 \text{ мин}^{-1}$.

Рассмотрим теперь условия отрыва частицы в тех же точка емкости, для чего исследовались на ЭВМ выражения (5, 11, 17) при тех же параметрах смесителей.

Для смесителя с параметрами $\alpha_2 = 45^\circ, \alpha_1 = 20^\circ$ графики зависимости частоты вращения отрыва частиц показан на рис. 6. Кривые минимальной частоты вращения, характеризующие условия начала отрыва частицы в точках R, S, E существенно отличаются от таковых при условии скольжения.

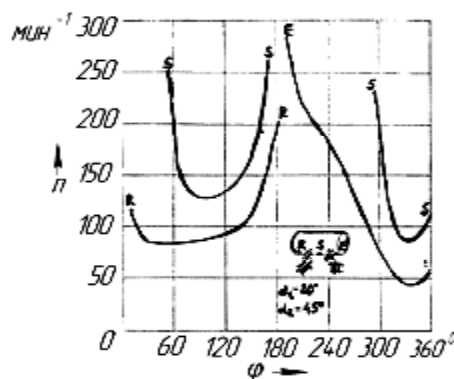


Рис. 6. Графики отрыва частиц (иллюстрация авторов)

Отрыв частиц осуществляется не на всем обороте емкости, а при некоторых значениях угла поворота, имеющем разное значение для точек. Так, для точки R отрыв происходит на угле поворота от 10 до 180° при минимальной частоте вращения $72\text{--}150 \text{ мин}^{-1}$. В точке S отрыв осуществляется дважды: при угле поворота $60\text{--}160^\circ$ и $300\text{--}360^\circ$ при разных значениях минимальной частоты вращения. В точке E отрыв происходит на угле поворота от 180 до 360° . Значения частоты вращения для всех точек изменяются по кривым, напоминающим кривые квадратной функции.

Устойчивый отрыв частиц во всех точках происходит при частоте вращения емкости не менее 150-175 мин⁻¹. На первом полуобороте отрыв начинается на стороне ведущего кривошипа (точки R, S), на втором полуобороте в отрыве участвуют частицы, расположенные в емкости на стороне ведомого кривошипа, т.е. идет волнообразный процесс отрыва частиц.

Таким же образом, исследовались условия движения частиц в других типоразмерах смесителей.

Заключение

1. Показано отсутствие методов исследования процесса перемешивания в пространственных смесителях, трудность исследования из-за сложного неравномерного пространственного движения емкости. Рассмотрены условия скольжения и отрыва частиц в различных зонах емкости: в центральной зоне, в стороне ведущего и ведомого кривошипов.

Уравнения движения частиц выведены решением векторных контуров для тех или иных точек зон, преобразованием систем координат, определением ортов, двойным дифференцированием и определением наименьшей угловой скорости, при которой начинаются скольжение и отрыв частиц.

2. Скольжение частиц происходит на полном обороте практически во всех типах смесителей при минимальной частоте вращения 30-50 мин⁻¹. Наиболее приемлемыми параметрами смесителей по условию скольжения являются типоразмеры с параметрами углов, лежащих в пределах $\alpha_2=45-60^\circ$, $\alpha_1=165-150^\circ$. В этих смесителях стабильное скольжение происходит при частоте вращения емкости 85-110 мин⁻¹.

3. Увеличение угла α_2 от 45 до 90° приводит к незначительному уменьшению частоты вращения емкости. Из этого следует, что по условию скольжения при конструировании угол α_2 можно одинаково принимать от 45 до 90° и окончательное его значение следует принимать в зависимости от условий отрыва частиц и технологии изготовления смесителей.

4. Угол α_1 весьма существенно влияет на значение частоты вращения. Во всех модификациях смесителей наблюдается снижение частоты вращения при увеличении угла α_1 от 15 до 30° и уменьшении его от 165 до 150°, в среднем частота вращения при этом снижается на 20-50 мин⁻¹.

5. По условию отрыва частиц увеличение угла α_2 от 45 до 90° приводит к увеличению частоты вращения емкости в среднем на 10-20 мин⁻¹, следовательно, в этом случае предпочтительны смесители с меньшим значением угла α_2 .

6. Влияние изменения угла α_1 на условие отрыва частиц более существенно, чем влияние угла α_2 . Так, увеличение угла α_1 от 15 до 30° и уменьшение его от 165 до 150° приводит к снижению частоты вращения емкости в среднем на 40-70 мин⁻¹.

7. Сочетание углов α_1 и α_2 также влияет на условие отрыва частиц. При расположении углов в разных квадрантах отрыв частиц происходит на угле поворота 10-160° во всех точках емкости одновременно. А при расположении углов в одном квадранте отрыв осуществляется последовательно и практически на полном обороте емкости. Различна здесь и минимальная частота вращения для разных точек, во втором случае она более разбросана, чем в первом.

8. Во всех случаях отрыв частиц происходит одновременно в части емкости, расположенной в стороне ведущего кривошипа при его повороте до 180°, т.е. в этой части емкости находится наиболее активная зона отрыва частиц. Исходя из этого, при конструировании целесообразно емкость располагать, смещая в сторону ведущего кривошипа.

9. Кроме объемного движения частиц в емкости следует отметить на увеличение интенсификации процесса от дополнительного инерционного силового воздействия на частицы, возникающего от неравномерного движения емкости и регулируемой в широких пределах частотой вращения.

10. Результаты данной работы могут быть использованы в проектно-конструкторских и научно-исследовательских организациях при создании и разработке новых типов пространственных смесителей и устройств, во многих процессах предприятий строительного профиля, а также в учебных процессах ВУЗов.

Список библиографических ссылок

1. Касаткин Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М. : Альянс, 2005. 750 с.
2. Макаров Ю. И. Аппараты для перемешивания сыпучих материалов. М. : Машиностроение, 1973. 215 с.
3. Першин В. Ф., Однолько В. Г., Першина С. В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. М. : Машиностроение, 2009. 220 с.
4. Bridgwater J. Mixing of particles and powders: Where next // *Particuology*. 2010. Vol. 8. P. 563–567.
5. Jingfang L. Ju., Yueqing Y. U., Zhen H., Xiao'ou H. General Order Principle for Multi Bennett Linkages // *Chinese Journal Of Mechanical Engineering*. 2013. Vol. 26. № 1. P. 1–7.
6. Хвостикский А. А., Евграфов А. Н., Терешин В. А. Геометрия и кинематика пространственного шестизвенника с избыточными связями // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование*. 2011. № 2. С. 170–176.
7. Мудров А. Г., Марданов Р. Ш. Обзор исследований пространственных механизмов с вращательными шарнирами // *Теория механизмов и машин*. 2015. № 2 (16). С. 62–75.
8. Bennett G. T. A new mechanism. *Engineering*. London, 1903. P. 777–778.
9. Perez A. M., Carthy J. M. Dimensional synthesis of Bennett linkages. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences*. Baltimore. Maryland. USA. Paper DETC2000 / MECH – 14069.
10. Veldkamp G. R. Canonical systems and instantaneous invariants in spatial kinematics // *Journal of Mechanisms*. 1967. Vol. 3. P. 329–388.
11. Baker E. J. On the motion geometry of the Bennett linkage, *Proceeding 2 of Eighth International Conference on Engineering Computer Graphic and Descriptive Geometry*, Austin, USA, 31 July–3 August. 1998. P. 433–437.
12. Chen Y., Baker E. J. Using a Bennett linkage as a connector between other Bennett loops, *Proc. IMechE*. Vol. 219. 2004. P. 177–185.
13. Perez A. M., Carthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages // *Transactions of the ASME*. 2003. Vol. 125. P. 98–104.
14. Мудров А. Г., Зиганшин И. И. Функции механизма Беннетта // *Техника и технология транспорта*. 2017. № 2 (3). С. 1.
15. Мудров А. Г., Сахапов Р. Л., Шамилов Д. И. Исследование динамических характеристик пространственного четырехзвенника // *Техника и технология транспорта*. 2017. № 4 (5). С. 2.
16. Мудров А. Г. Пространственные механизмы с особой структурой. Казань : РИЦ «Школа», 2003. 300 с.
17. Мудров А. Г., Заббаров А. Ш. Влияние параметров базового механизма на функции смесителя // *Техника и технология транспорта*. 2017. № 3 (4). С. 1.
18. Mudrov A. G., Jarullin M. G. From the Bennett mechanism to the differential gear. Kazan : Kazan University press, 2003. 92 p.
19. Замалиев Ф. С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок // *Вестник МГСУ*. 2018. № 3.
20. Мирсаяпов И. Т., Королева И. В., Сабирзянов Д. Д. Прочность и деформации глиняных грунтов при трехосном режимном чередующемся статическом и циклическом нагружении // *Геотехника Беларуси: Наука и практика*. 2013. С. 297–304.

Mudrov Alexander Grigorjevich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Mudrova Anna Alexandrovna

researcher

E-mail: annamudrova@mail.ru

Federal Service for Accreditation (Rosakkreditatsiya)

The organization address: 117312, Russia, Moscow, Vavilova st., 7

The mixing process in the spatial devices

Abstract

Problem statement. Currently, the most promising mixers are spatial with uneven movement of the container, which consists only of rotary joints, designed on standard rolling bearings. Mixers have a high efficiency, one drive source and a minimum number of moving links: three, four, five or six, very effective in operation. While little known, little investigated.

The aim of the study is to develop models of volume motion of particles in the tank, to derive mathematical formulas characterizing the conditions of guaranteed slip and separation of particles in different zones of the tank, taking into account the geometric parameters of the mixers and the speed of the tank.

Results. The calculation of conditions of sliding and separation of particles from the bottom of the tank at different points of the tank length is given. The mathematical values of the angular velocity of the tank are determined, the influence of the parameters of the transfer mechanism on the conditions of the bulk motion of the material particles is revealed, the optimal modes of the mixing process are determined.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is a significant advantage of spatial mixers with uneven movement of the tank for the preparation of highly homogeneous mixtures in composition, versatility of use for many processes, simplicity and reliability.

Keywords: variable angular velocity, acceleration, spatial mixers, rotational hinges, mathematical models.

References

1. Kasatkin Y. I. The basic processes and apparatuses of chemical technology. M. : Alliance, 2005. 750 p.
2. Makarov Yu. I. Apparatus for mixing bulk materials. M. : Mashinostroeniye, 1973. 215 p.
3. Pershin V. G., Pershina S. V., Processing of bulk materials in drum-type machines. M. : Mashinostroeniye, 2009. 220 p.
4. Bridgwater J. Mixing of particles and powders: Where next // Particuology. 2010. Vol. 8. P. 563–567.
5. Jingfang L. Iu., Yueqing Y. U., Zhen H., Xiao'ou H. General Order Principle for Multi Bennett Linkages // Chinese Jornal Of Mashinostroeniye. 2013. Vol. 26. № 1. P. 1–7.
6. Kostecki A. A., Evgrafov A. N., Tereshin V. A. Gemetria and the kinematics of spatial six-link mechanism with redundant connections // Nauchn-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU. Nauka I obrazovaniye. 2011. № 2. P. 170–176.
7. Mudrov A. G., Mardanov R. Sh. A review of studies of spatial mechanisms with rotational hinges // Teoriya mekhanizmov i mashin. 2015. № 2 (16). P. 62–75.
8. Bennett G. T. A new mechanism. Engineering. London, 1903. P. 777–778.
9. Perez A. M., Carthy J. M. Dimensional synthesis of Bennett linkages. Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences. Baltimore. Maryland. USA. Paper DETC2000 / MECH – 14069.
10. Veldkamp G. R. Canonical systems and instantaneous invariants in spatial kinematics // Journal of Mechanisms. 1967. Vol. 3. P. 329–388.
11. Baker E. J. On the motion geometry of the Bennett linkage, Proceeding 2 of Eighth International Conference on Engineering Computer Graphic and Descriptive Geometry, Austin, USA, 31 July-3 August. 1998. P. 433–437.
12. Chen Y., Baker E. J. Using a Bennett linkage as a connector between other Bennett loops, Proc. IMechE. Vol. 219. 2004. P. 177–185.
13. Perez A. M., Carthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages // Transactions of the ASME. 2003. Vol. 125. P. 98–104.
14. Mudrov A. G., Ziganshin I. I. Functions of the mechanism of Bennett // Tehnika i tehnologiya transporta. 2017. № 2 (3). P. 1.

15. Mudrov A. G., Sakhapov R. L., Shamilov D. I. Study of dynamic characteristics of spatial chetyrehdverny // *Tehnika i tehnologiya transporta*. 2017. № 4 (5). P. 2.
16. Mudrov A. G. Spatial mechanisms with a special structure. Kazan : RIC «School». 2003. 300 p.
17. Mudrov A. G., Zabbarov A. S. Influence of parameters of the underlying mechanism for the function of the mixer // *Tehnika i tehnologiya transporta*. 2017. № 3 (4). P. 1.
18. Mudrov A. G., Jarullin M. G. From the Bennett mechanism to the differential gear. Kazan : Kazan University press, 2003. 92 p.
19. Zamaliev F. S. Numerical and natural experiments of pre-stressed steel-concrete composite beams is presented // *Vestnik MGSU*. 2018, № 3.
20. Mirsayapov I. T., Koroleva I. V., Sabirzyanov D. D. Strength and deformation of clay soils under three-axis regime alternating static and cyclic loading // *Geotecnica Belarusi: Nauka I practica*. 2013. P. 297–304.



УДК 625.7

Логинова Ольга Анатольевна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: loginova@kgasu.ru

Петропавловских Ольга Константиновна

старший преподаватель

E-mail: olga_konst@mail.ru

Николаева Регина Владимировна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: nikolaeva1@bk.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Валеева Гузель Ринатовна

ведущий специалист

E-mail: radfels@yandex.ru

ГКУ «Главтатдортранс»

Адрес организации: 420012, Россия, г. Казань, ул. Достоевского, д. 18/75

Изучение климатических особенностей Татарстана для дорожно-климатического районирования

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования выявить дополнительные дорожные районы в третьей дорожно-климатической зоне на территории Республики Татарстан.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выделении четырех дополнительных дорожных районов отличающиеся грунтовыми условиями.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в более полном учете природных особенностей Татарстана при проектировании земляного полотна и дорожных одежд автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-климатическое районирование, дорожно-климатические зоны.

Введение

Необходимость изучения климатических особенностей территории Татарстана связано с несовершенством в делении территории России на дорожно-климатические зоны. В советский период территория Татарстана лежала на границе второй и третьей дорожно-климатических зон. На текущий момент территория республики относится к третьей дорожно-климатической зоне. Недостаток проработанности критериев оценки для выделения той или иной территории в единую подзону или район, выбора тех или иных метеорологических и грунтовых элементов для наблюдения и учета, различные подходы к назначению границ дорожно-климатических подзон и районов приводит к большому разнообразию методов определения дорожно-климатического районирования. Большинство авторов идут по пути покомпонентного наложения схем распространения различных климатических и грунтовых компонентов.

О необходимости введения дополнительных дорожно-климатических районов

Проектирование автомобильных дорог – это процесс сложный, требующий учёта множества климатических и физико-географических особенностей территории, для которой осуществляется проектирование дорог. Особенно это необходимо учитывать при проектировании дорожных одежд жесткого и нежесткого типа. В соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» расчеты ведутся на прочность – это расчеты на упругий прогиб конструкции дорожной одежды, расчёт на сдвиг в малосвязных слоях, расчет на растяжение при изгибе в монолитных слоях. И расчёты, учитывающие климатические особенности района проектирования – это расчёты на величину дренарующего слоя и на морозное пучение.

Согласно СП «Автомобильные дороги» вся территория России разделена на пять дорожно-климатических зон. Каждая зона обладает определенной общностью климата, гидрологическими условиями и однородностью почв. Граница той или иной зоны не является фиксированной. Пограничные области относятся к определенной дорожно-климатической зоне только после анализа местных грунтово-геологических и климатических условий. Территория Татарстана находится на севере третьей дорожно-климатической зоны и на ее территории могут быть выявлены районы с отличными от данной зоны климатическими условиями.

Критерии дорожно-климатического районирования

В настоящее время для некоторых областей Российской Федерации проведены работы по выявлению характерных подзон дорожно-климатических зон. Это Республики Алтай, Красноярский и Алтайский края, Республика Хакасия, Омская, Кемеровская, Курганская, Томская, Тюменская, Свердловская, Челябинская, Астраханская области, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа [1-10].

Территории дорожно-климатических зон делятся на подзоны по типам рельефа и однородности грунтов. Методы районирования часто не позволяют учесть разнообразие природно-климатических особенностей тех или иных регионов. Нет четко проработанной методики выбора элементов наблюдения, отсутствуют единые методики обработки данных. Возникают трудности при сравнении данных, выполнение разными авторами для одной и той же территории. Построение границ дорожно-климатических подзон требует привлечения математического аппарата способного отобразить на ландшафтной поверхности подзоны при наличии большого числа переменных и минимизировать влияние исследователя.

Среди большого многообразия природно-климатических условий обязательно стоит учитывать зональные, интразональные и региональные условия (рис. 1).



Рис. 1. Природные и климатические комплексы [7]

Различают два вида географической зональности – горизонтальную и высотную, которые формируются под влиянием изменения температуры в приземном слое атмосферы, солнечной энергии, воздуха и влаги, воздействия растительного покрова на грунты и пр. Здесь следует учитывать среднегодовую температуру воздуха, годовое количество осадков, величину испарения с поверхности суши, влажность грунта рабочего слоя земляного полотна, высоту снежного покрова и глубину промерзания грунтов, тип растительности и гидротермический коэффициент Селянинова, показывающий степень увлажненности территории.

Интразональность – это распространение каких-либо особенностей природы на отдельной территории внутри одной или нескольких смежных географических зон. Интразональность связана с формированием разнообразия почв и грунтов, рельефом

Предволжье (правый берег Волги) на западе имеет слабоволнистую равнину с высотами 100-150 м, а на востоке равнина становится более высокой до 200-260 м и очень сильно изрезана оврагами. Западное Предкамье это увалистая равнина с общим уклоном к юго-западу, к долине Волги. Здесь высоты достигают 200-250 м. Восточное Предкамье по рельефу представляет собой южные отроги Можгинской и Сарапульской возвышенности с высотами 150-220 м. Западное Закамье, расположенное между Волгой и Шешмой, представляет собой низменную равнину с высотами 50-100 м. Восточное Закамье в основном занято Бугульминско-Белебеевской возвышенностью с наибольшими высотами до 365-380 м, на юге.

Грунтовые особенности

Территория Республики Татарстан относится к III дорожно-климатической зоне, первой подзоне, согласно СП «Автомобильные дороги». На основе материалов ИТС КГАСУ [12] по анализу грунтов отобранных со 101 автомобильной дороги, не имеющих твердого покрытия, было выявлено 30 составов, которые аналогичны по своим физическим свойствам и гранулометрическому составу. Таким образом, учтены некоторые интразональные факторы, в частности определен тип грунта, его гранулометрический состав, естественная влажность, влажность границы текучести, влажность границы раскатывания.

В результате нанесения полученных данных на карту Республики Татарстан было выявлено несколько областей, где грунты имеют одинаковые физические свойства и гранулометрический состав. На северо-восток от Тюлячей и до границы республики, а также от Сарманово до дороги М-7 «Волга» преобладает супесь пылеватая. В Актанышском районе и на западе республики в районе села Акзигитово преобладает суглинок легкий песчанистый. В районе Камского Устья и на юго-востоке республики (Бугульма, Бавлы, Уруссу) выявлен суглинок тяжелый пылеватый. На остальной территории республики преобладает суглинок легкий пылеватый.

Районирование территории

Таким образом, на территории Республики Татарстан можно выделить пять орографических подзон, характеризующиеся рельефом и климатическими особенностями, и четыре дорожных района, которые характеризуются различным типом преобладающих грунтов (рис. 3). В 1 дорожном районе преобладает супесь пылеватая, во 2 дорожном районе преобладает суглинок легкий песчанистый и в 3 дорожном районе преобладает суглинок тяжелый пылеватый. Оставшаяся территория относится к 4 дорожному району с преобладанием суглинков легких пылеватых.

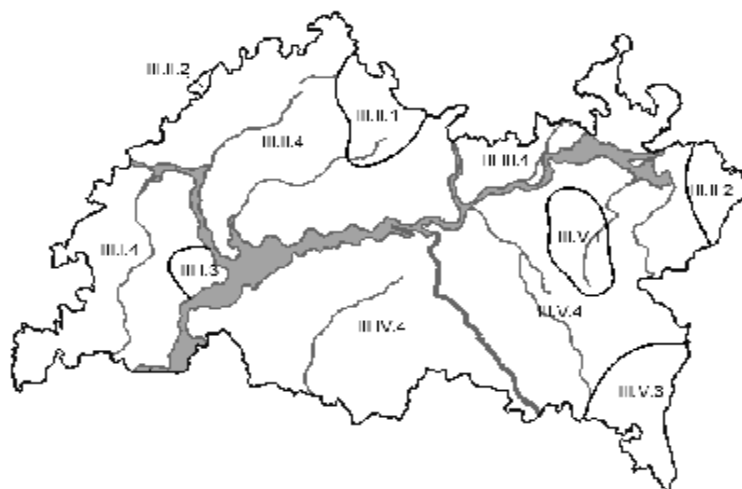


Рис. 3. Карта дорожно-климатического районирования Республики Татарстан:

III (первая цифра) – дорожно-климатическая зона,
I (вторая цифра) – орографическая зона (подзона),
1-4 – номера дорожных районов (иллюстрация авторов)

Учитывая, что дорожные районы с одним и тем же грунтом расположены в разных орографических зонах, то получается 11 дорожных районов с различными природно-климатическими и грунтово-геологическими особенностями (табл.). Следует учитывать, что предложенный авторами вариант дорожно-климатического зонирования Республики Татарстан основывается на данных орографического деления и гранулометрическом составе грунтов, полученных при обследовании дорог.

Таблица

№ п/п	Дорожно-климатическая зона	Орографическая зона	№ дорожного района	Индекс территории
1	III	I	3	III.I.3
2			4	III.I.4
3		II	1	III.II.1
4			2	III.II.2
5			4	III.II.4
6		III	4	III.III.4
7		IV	4	III.IV.4
8		V	1	III.V.1
9			2	III.V.2
10			3	III.V.3
11			4	III.V.4

Следующий, более углубленный, этап исследований по дорожному районированию включает в себя наложение схем распространения различных элементов географических комплексов или разработку математических приёмов обработки больших числовых массивов, которые могут быть включены в информационную базу.

На территории Республики Татарстан расположено 66 метеостанций. В Предволжье насчитывается 13 метеостанций, в Западном Предкамье 21 метеостанция, в Восточном Предкамье 5 метеостанций, в Западном Закамье 6 метеостанций и 21 метеостанция в Восточном Закамье.

Из них на автомобильной дороге М-7 «Волга», проходящей по территории Республики Татарстан расположено 19 метеостанций, на автомобильной дороге Р-239 «Казань – Оренбург» – 13 метеостанций, на автомобильной дороге Р-241 «Казань – Ульяновск» – 5 метеостанций, по 1 метеостанции расположено на дорогах Е-22 «Казань – Пермь» и А-295 «Йошкар-Ола – М-7». Оставшиеся метеостанции, в количестве 27 штук, расположены на автомобильных дорогах районного значения.

Данные наблюдений за жидкими и твердыми осадками, температурой воздуха на покрытии дорожной одежды, температурой в покрытии позволят более точно определить границы дорожных районов. Это позволит, в дальнейшем, создать интерактивную карту дорожно-климатических районов республики, с учетом не только грунтовых условий, но и данных метеонаблюдений.

Выделенные подзоны и районы с характерными климатическими параметрами позволят улучшить проектирование и эксплуатацию автомобильных дорог. В то же время выявление новых и уточнение предложенных дорожных районов процесс динамический, требующий обработки больших массивов информации. Поэтому, предложенное авторами, деление территории Татарстана будет дорабатываться и уточняться.

Заключение

Для каждого дорожного района, выделенного на территории Татарстана, установлен и нормирован гранулометрический состав грунтов, необходимый для расчета дорожных одежд, как жесткого, так и нежесткого типа. Выделено 11 дорожно-климатических районов. Предлагаемый подход, нанесения схем распределения дополнительных климатических, грунтовых и ландшафтных компонентов приведет к совершенствованию предложенной схемы, что улучшит качество проектирования и строительства автомобильных дорог.

Список библиографических ссылок

1. Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A. Features of road-climatic zoning of territories // MATEC Web of Conferences 143, 01012. 2018. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814301012> (дата обращения: 02.03.2018).
2. Федюк Р. С., Козлов П. Г., Мочалов А. В., Тимохин А. М. Необходимость актуализации дорожно-климатического районирования юга Дальнего Востока // Вестник СибАДИ. 2015. № 4 (44). С. 90–99.
3. Ефименко С. В., Сухоруков А. В. Технология дорожно-климатического районирования территорий // сб. трудов конференции «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск. 2015. С. 1189–1192.
4. Янковская А. Е., Аметов Р. В. Интеллектуальная система для поддержки принятия решений по дорожно-климатическому районированию // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине. 2017. С. 36–40.
5. Efimenko V. N., Efimenko S. V., Sukhorukov A. V. Accounting for natural-climatic conditions in the design of roads in western Siberia // Sciences in Cold and Arid Regions. 2015. Vol. 7. P. 307–315.
6. Ефименко С. В., Бадина М. В. Учёт особенностей природно-климатических условий при дорожно-климатическом районировании территории западной Сибири // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 2. С. 204–213.
7. Ефименко В. Н., Ефименко С. В., Бадина М. В., Сухоруков А. В. Учет региональных природно-климатических условий при формировании информационной базы для целей дорожно-климатического районирования // Вестник СибАДИ. 2014. № 6 (40). С. 79–86.
8. Ларичев А. В., Алексиков С. В. Дорожно-климатическое районирование астраханской области инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства // Материалы III Международной научно-технической конференции. 2012. С. 155–158.
9. Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A., Yankovskaya A. Application of information systems in road-climatic zoning // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012049/pdf> (дата обращения: 03.03.2018).
10. Efimenko S., Efimenko V., Sukhorukov A. Peculiarities of strength and deformability properties of clay soils in districts of Western Siberia // AIP Conference Proceedings 1698, 070020. 2016. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4937890> (дата обращения: 12.10.2018).
11. Колобов Н. В. Климат Татарской АССР. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1983. 160 с.
12. Вдовин Е. А., Мавлиев Л. Ф. Исследование долговечности модифицированного цементогрунта дорожного назначения // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 11. С. 76–79.

Loginova Olga Anatolevna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: loginova@kgasu.ru

Petropavlovskikh Olga Konstantinovna

senior lecturer

E-mail: olga_konst@mail.ru

Nikolaeva Regina Vladimirovna

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: nikolaeva1@bk.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Valeeva Guzel Rinatovna

chief specialist

E-mail: radfels@yandex.ru

GKU «Glavtadortrans»

The organization address: 420012, Russia, Kazan, Dostoevskogo st., 18/75

The study of the climatic features of the Republic of Tatarstan for road-climatic zoning

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify additional road areas in the third road-climatic zone in the territory of the Republic of Tatarstan.

Results. The main results of the study are the allocation of four additional road areas with different ground conditions.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in more fully taking into account the natural features of Tatarstan when designing the roadbed and road pavements.

Keywords: road, road-climatic zoning, road-climatic zones.

References

1. Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A. Features of road-climatic zoning of territories // MATEC Web of Conferences 143, 01012. 2018. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814301012> (reference date: 02.03.2018).
2. Fedyuk R. S., Kozlov P. G., Mochalov A. V., Timokhin A. M. The need to update the road-climatic zoning of the south of the Far East // Vestnik SibADI. 2015. № 4 (44). P. 90–99.
3. Efimenko S. V., Sukhorukov A. V. Technology of road-climatic zoning of territories prospects of development of fundamental Sciences // Sbornik trudov konferencii «Perspektivy razvitiya fundamentalnih nauk». 2015. P. 1189–1192.
4. Jankowski A. E., Ahmetov R. V. Intellectual system to support decision – making on road and climate zoning // Informationnie tehnologii v nauke, upravlenii, socialnoy sfere i medicine. 2017. P. 36–40.
5. Efimenko V. N., Efimenko S. V., Sukhorukov A. V. Accounting for natural-climatic conditions in the design of roads in western Siberia // Sciences in Cold and Arid Regions. 2015. Vol. 7. P. 307–315.
6. Efimenko S. V., Badina M. V. Taking into account the peculiarities of natural and climatic conditions in the road and climatic zoning of the territory of Western Siberia // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitecturno-stroitel'nogo universiteta. 2015. № 2. P. 204–213.
7. Efimenko V. N., Efimenko S. V., Badin M. V., Sukhorukov V. A. Taking into Account regional climatic conditions during the formation of the information base for the purposes of road-climatic zoning // Vestnik SibADI. 2014. № 6 (40). P. 79–86.
8. Larichev A. V., Aleksikov S. V. Road-climatic zoning of Astrakhan region engineering problems of construction materials science, geotechnical and road construction // Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoi konferencii. 2012. P. 155–158.
9. Efimenko V., Efimenko S., Sukhorukov A., Yankovskaya A. Application of information systems in road-climatic zoning // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/71/1/012049/pdf> (reference date: 03.03.2018).
10. Efimenko S., Efimenko V., Sukhorukov A. Peculiarities of strength and deformability properties of clay soils in districts of Western Siberia // AIP Conference Proceedings 1698, 070020. 2016. URL: <https://doi.org/10.1063/1.4937890> (reference date: 12.10.2018).
11. Kolobov N. V. The climate of the Tatar ASSR. Kazan : Izdatelstvo Kazanskogo universiteta. 1983. 160 p.
12. Vdovin E. A., Mavliev L. F. Study durability road purpose modified tsementogrunta // Promishlennoe i grazdanskoe stroitelstvo. 2014. № 11. P. 76–79.

УДК 625.7+519.2+519.85

Майстренко Игорь Юрьевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: igor_maystr@mail.ru

Зиннуров Тагир Альмирович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: leongar@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Майстренко Татьяна Игоревна

специалист по промышленной безопасности

E-mail: maystrenko1496@mail.ru

Егорова Ирина Юрьевна

техник-проектировщик

E-mail: risha9210@gmail.com

ООО Научно-производственный центр «Строй-Экспертиза»

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Калинина, д. 48, офис 506А

Оценка безопасности эксплуатации мостов с учетом статистического анализа отказов и первоначальных повреждений

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования состоит в разработке алгоритма оценки оперативной вероятности отказов, позволяющего количественно оценивать безопасность эксплуатации мостов по изменчивости показателей надежности системы.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке концепции практического использования накопленных статистических данных об отказах конструктивных систем и первоначальных повреждениях элементов мостовых конструкций, применительно к определенным видам расчетов и стадиям жизненного цикла по предположительно значимому признаку, связанному с причинами возникновения отказа.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности ранжирования технических систем по фактическому уровню надежности и оптимизации процедур принятия решений на реконструкцию мостовых сооружений.

Ключевые слова: безопасность, мост, статистический, анализ, отказ, распределение, доверительный интервал, параметр.

Введение

Для оценки ресурса безопасной эксплуатации мостовых сооружений требуется оценить нормальный и предельно-допустимый уровень опасности невыполнения технической системой возложенных на неё функций. Если принять в качестве меры надежности вероятность отказа, то решение этой задачи сводится к оценке правой части неравенства [1-4]:

$$Q\Omega(t) \leq [Q(t)], \quad (1)$$

где $Q\Omega(t)$ – вероятность опасных отказов по предельному состоянию с условием Ω ;
 $[Q(t)]$ – допустимое значение вероятности рассматриваемого отказа.

Теоретические исследования.

В данной работе рассмотрен новый подход к оценке оперативной вероятности отказа на основе статистического анализа отказов, характеризующей степень приспособленности технических систем к выполнению возложенных функций. Оперативная вероятность отказа [1, 4] понимается как условная вероятность, действительная только при выполнении целого комплекса предположений, например, о типах распределений для базисных переменных.

Будем считать, что конструктивная система считается работоспособной, если за время применения характеристики эффективности не выйдут за нижний допустимый

предел, при котором будет иметь место частичное или полное невыполнение возложенных функций. При этом следует принимать во внимание, что для мостовых конструкций предусмотрена комбинированная система технического обслуживания и ремонта, позволяющая устранить потенциальные опасности, выявившиеся за время применения конструктивной системы.

Следовательно, выполнение конструктивной системой возложенных функций есть сложное событие S , которое можно записать в виде:

$$S = A + \bar{A}B, \quad (2)$$

где A – событие, состоящее в том, что за время t не возникнут потенциальные опасности, которые могут привести к частичному или полному невыполнению системой возложенных функций; $\bar{A}$ – событие, являющееся дополнением к событию A ; B – событие, состоящее в том, что выявившиеся за время применения потенциальные опасности будут своевременно устранены.

Вероятность события S , как вероятность суммы двух несовместных событий может быть определена по формуле:

$$R(S) = R(A) + R(\bar{A}B). \quad (3)$$

Перепишем формулу (3) в виде:

$$R_S(t) = R_a(t) + [1 - R_a(t)] \cdot R_b(t), \quad (4)$$

где $R_a(t)$ – вероятность того, что за промежуток времени $[0, t]$ не возникнут потенциальные опасности, которые могут привести к частичному или полному невыполнению системой возложенных функций; $R_b(t)$ – вероятность того, что выявившиеся за время применения системы потенциальные опасности будут своевременно устранены.

Учитывая, что с увеличением объема статистических данных частота появления отказов за промежуток времени $[0, t]$ приближенно равна вероятности появления отказов $F_i(t)$, формула для вычисления вероятности i -го события имеет вид:

$$R_i(t) = 1 - F_i(t) \approx 1 - \frac{m_i(t)}{n}, \text{ при } n \rightarrow \infty, \quad (5)$$

где $1 - \frac{m_i(t)}{n}$ – вероятность i -го события, вычисленная при условии, что за промежуток времени $[0, t]$ имело место некоторое число отказов $m_i(t)$ из общего числа использованных статистических данных n .

Практическая реализация предлагаемого подхода.

Для определения соответствующих вероятностей событий A и B будем использовать статистические выборочные данные об отказах конструктивных систем и первоначальных повреждениях элементов мостовых конструкций. Эти данные были получены из материалов открытой печати, а также средств массовой информации, включая профильные Интернет-порталы [5-8], и, в последующем, систематизированы и идентифицированы авторами.

Число наблюдаемых отказов, которые были идентифицированы удовлетворительно, составило 307 эпизодов (группа I), а число возможных отказов, которые косвенно свидетельствуют о наличии потенциального риска условно однотипных элементов и систем, представлены 2266 эпизодами (группа II). Результаты статистического исследования, представленные в табл. 1, позволяют выполнить оценку оперативной вероятности отказа по предположительно значимому признаку, связанному с причинами возникновения отказа.

Очевидно, что случайная величина оперативной вероятности отказа имеет определенную изменчивость, для оценки которой можно использовать два известных способа, основанных на методе доверительных интервалов предлагаемом в ГОСТ Р 50779.10-2000 (ИСО 3534-1-93) «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения».

Однако применение неравенства Чебышева в общем виде может иногда давать тривиальную оценку, а применение распределения Стьюдента при законе распределения случайной величины отличного от нормального закона, может привести к очевидным ошибкам. Учитывая эти ограничения, запишем наиболее невыгодные соотношения

между доверительным интервалом, который покрывает неизвестный показатель, и заданной доверительной вероятностью:

$$P\{\bar{F}_i - \varepsilon_{\text{inf}} < F_i(t) < \bar{F}_i + \varepsilon_{\text{sup}}\} = \beta, \text{ при } \bar{F}_i - \varepsilon_{\text{inf}} \geq 0, \bar{F}_i + \varepsilon_{\text{sup}} \leq 1, \quad (6)$$

где ε_{inf} и ε_{sup} – соответственно точность оценки усиливающей и ослабляющей границы доверительного интервала.

Таблица 1

Систематизированные выборочные данные по причине возникновения отказов

№ п/п	Причина возникновения отказа	$m_{i,I}(t)$	$m_{i,II}(t)$	$\frac{\bar{F}_{i,I}}{\bar{F}_{i,II}}$	$\frac{\bar{F}_i}{S_i}$
1.	Недоучет ветровой нагрузки и аэродинамическая неустойчивость	17	23	$\frac{0,045213}{0,006855}$	$\frac{0,000248}{0,000258}$
2.	Потеря устойчивости элементов	11	20	$\frac{0,029255}{0,005961}$	$\frac{0,000118}{0,000178}$
3.	Ошибки в технологии ведения строительно-монтажных и ремонтных работ	52	407	$\frac{0,138298}{0,121311}$	$\frac{0,015161}{0,002001}$
4.	Перегрузка несущих конструкций	57	627	$\frac{0,151596}{0,186885}$	$\frac{0,033722}{0,002955}$
5.	Влияние резонанса колебаний и явления усталости	15	19	$\frac{0,039894}{0,005663}$	$\frac{0,000189}{0,000225}$
6.	Деградация расчетных элементов в результате неблагоприятного воздействия эксплуатационной среды	54	855	$\frac{0,143617}{0,254844}$	$\frac{0,060479}{0,003902}$
7.	Недостаточная надежность и расстройство соединений	6	73	$\frac{0,015957}{0,021759}$	$\frac{0,000451}{0,000348}$
8.	Несоблюдение установленных габаритов перевозимых грузов и ударов подвижной нагрузки	22	30	$\frac{0,058511}{0,008942}$	$\frac{0,000417}{0,000334}$
9.	Появление дополнительных усилий и деформаций из-за геологических, гидрологических, оползневых и сейсмических явлений	68	353	$\frac{0,180851}{0,105216}$	$\frac{0,013251}{0,001872}$
10.	Отсутствие технического надзора	17	44	$\frac{0,045213}{0,013115}$	$\frac{0,000361}{0,000311}$
11.	Навал судов на опоры мостов	40	878	$\frac{0,106383}{0,261699}$	$\frac{0,062725}{0,003970}$
12.	Другие причины	17	26	$\frac{0,045213}{0,007750}$	$\frac{0,000260}{0,000264}$
$n =$		376 ¹⁾	3355 ¹⁾		

Примечания: ¹⁾ – число отказов с учетом наличия нескольких причин отказа в отдельных эпизодах; $\bar{F}_{i,I}$, $\bar{F}_{i,II}$ – среднее арифметическое значений признака, принадлежащих соответствующей группе; $\bar{F}_i$ – среднее арифметическое групповых средних, взвешенных по объемам групп; S_i – оценка среднего квадратического отклонения распределения.

Для примера выполним оценку показателей надежности мостовых конструкций по критерию прочности. Поступим следующим образом.

Вначале проанализируем статистические выборочные данные, приведенные в табл. 1, и выделим в качестве предположительно значимого признака – отказ по причине перегрузки несущих конструкций. Определим по формулам (5) и (6) вероятность того, что за промежуток времени $[0, t]$ не возникнут потенциальные опасности, которые могут привести к частичному или полному невыполнению системой возложенных функций по

причине перегрузки несущих конструкций. Полученные результаты для принятой доверительной вероятности 0,95 сведены в табл. 2.

Таблица 2

Вероятность возникновения потенциальной опасности отказа

Предположительно значимый признак	Оцениваемый критерий	Границы изменчивости			
		вероятности отказа		вероятности безотказной работы	
		F_a^{inf}	F_a^{sup}	R_a^{inf}	R_a^{sup}
Перегрузка несущих конструкций	Прочность несущих конструкций	0,027930	0,046724	0,953276	0,972070

Аналогичным образом оценим вероятность того, что выявившиеся за время применения системы потенциальные опасности будут своевременно устранены. Принимаем в качестве предположительно значимых признаков: в период приработки – отказ по причине ошибок в технологии ведения строительно-монтажных и ремонтных работ; в период нормальной эксплуатации – отказ по причине отсутствия технического надзора; в период интенсивного изнашивания – отказ по причине деградации расчетных элементов в результате неблагоприятного воздействия эксплуатационной среды. Полученные результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Вероятность своевременного устранения потенциальной опасности отказа

Предположительно значимый признак	Оцениваемый критерий	Границы изменчивости			
		вероятности отказа		вероятности безотказной работы	
		F_b^{inf}	F_b^{sup}	R_b^{inf}	R_b^{sup}
Ошибки в технологии ведения строительно-монтажных и ремонтных работ	Своевременное устранение потенциальных опасностей	0,011239	0,023965	0,976035	0,988761
Отсутствие технического надзора		0,000000	0,001729	0,998271	1,000000
Деградация расчетных элементов в результате неблагоприятного воздействия эксплуатационной среды		0,052831	0,077648	0,922352	0,947169

Далее по формуле (4) определим вероятность выполнения конструктивной системой возложенных функций по критерию прочности. Полученные результаты сведены в табл. 4.

Таблица 4

Вероятность выполнения конструктивной системой возложенных функций

Стадия жизненного цикла системы	Границы изменчивости			
	вероятности отказа		вероятности безотказной работы	
	F_s^{inf}	F_s^{sup}	R_s^{inf}	R_s^{sup}
Период приработки	0,000314	0,001120	0,998880	0,999686
Период нормальной эксплуатации	0,000000	0,000081	0,999919	1,000000
Период интенсивного изнашивания	0,001476	0,003628	0,996372	0,998524

Учитывая, что для предельных состояний широкого класса отказ наступает в том случае, когда внешние нагрузки в первый раз превысят уровень внутреннего сопротивления конструкции, в качестве критической выберем модель оперативной вероятности отказа системы по наиболее невыгодным границам изменчивости [9-11]. На рис. приведены результаты оценки оперативной вероятности отказа по критерию прочности по основным стадиям жизненного цикла системы.

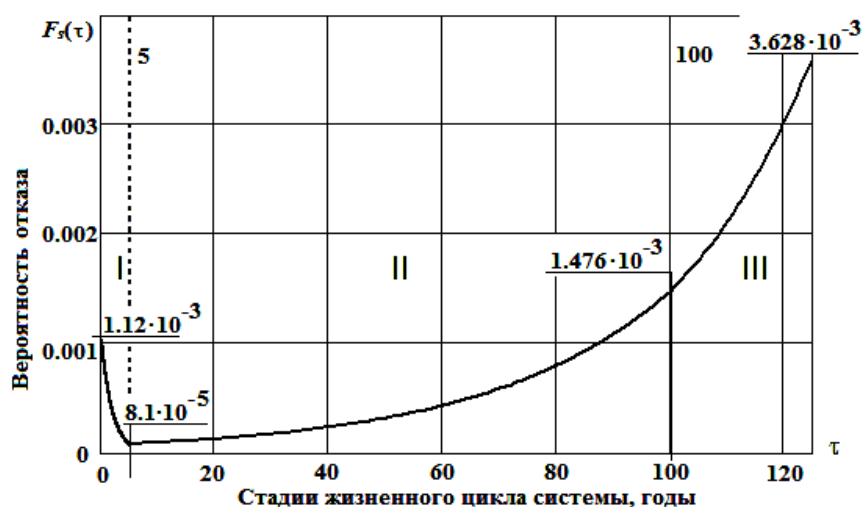


Рис. Результаты оценки оперативной вероятности отказа по критерию прочности по основным стадиям жизненного цикла системы:

I – стадия приработки, II – стадия нормальной эксплуатации,
III – стадия интенсивного изнашивания (иллюстрация авторов)

График, изображенный на рис., построен с $F_s(\tau)$ помощью кусочно-экспоненциальной модели вида:

$$F_s(\tau) = e^{\lambda \cdot (\tau + m)}, \quad (7)$$

позволяющей выполнить прогноз оперативной вероятности отказа системы в определенный момент времени τ , исходя из интенсивности отказа λ и параметра масштаба m для соответствующей стадии жизненного цикла системы:

$$F_s(\tau) = \begin{cases} e^{-0.525 \cdot (\tau + 12.934)}, & \exists 0 \leq \tau < 5; \\ e^{0.031 \cdot (\tau - 313.340)}, & \exists 5 \leq \tau < 100; \\ e^{0.036 \cdot (\tau - 281.199)}, & \exists 100 \leq \tau \leq 125. \end{cases} \quad (8)$$

По результатам проведенного статистического исследования установлено, что представленный подход позволяет количественно оценивать безопасность эксплуатации мостов по изменчивости показателей надежности системы применительно к определенным видам расчетов и стадиям жизненного цикла.

Заключение

Статистический анализ отказов мостовых сооружений по ограниченной выборке, показал, что предложенная концепция оценки показателей надежности на основе расчета оперативной вероятности отказа, позволяет выделять предположительно значимые признаки и вероятные сценарии возникновения отказов, а также давать им интервальную оценку.

Проведенное статистическое исследование доказало возможность эффективного использования имеющейся и перспективной статистической информации об отказах конструктивных систем и первоначальных повреждениях элементов мостовых конструкций, при проектировании новых и реконструкции существующих технических систем, исходя из фактически необходимого уровня надежности на соответствующих стадиях их жизненного цикла.

Полученные результаты позволяют оптимизировать процедуры принятия решений на реконструкцию мостовых сооружений, включая ранжирование технических систем по их фактическому уровню надежности.

Список библиографических ссылок

1. Манапов А. З. Расчет надежности и ресурса строительных конструкций методом статистического моделирования. Казань : КГАСУ, 2010. 131 с.
2. Кельтон В. Д., Лоу А. М. Имитационное моделирование. СПб. : Питер, 2004. 847 с.
3. Димов Э. М., Маслов О. Н., Трошин Ю. В. Снижение неопределенности выбора управленческих решений с помощью метода статистического имитационного моделирования // Информационные технологии. 2014. № 6. С. 51–57.
4. Шпете Г. Надежность несущих строительных конструкций. М. : Стройиздат, 1994. 288 с.
5. Майстренко И. Ю., Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Кокодеев А. В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 1 // Транспортные сооружения. 2017. № 4. 39 с.
6. Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Майстренко И. Ю., Кокодеев А. В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2 // Транспортные сооружения. 2017. № 4. 35 с.
7. Майстренко И. Ю., Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Успанов А. М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 3 // Транспортные сооружения. 2018. № 1. 41 с.
8. Овчинников И. И., Майстренко И. Ю., Овчинников И. Г., Успанов А. М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 4 // Транспортные сооружения. 2018. № 1. 25 с.
9. Bignon P. G., Riera J. D. Verification of Methods for Soft Missile Impact Problems // Nucl. Engng. and Des. 1980. Vol. 60. P. 311–326.
10. Birbraer A. N., Roleder A. J., Arhipov S. B. Probabilistic Assessment of NPP Building Structures Strength under Aircraft Impact. Paper № 1644 / Trans. 16th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 16), Washington DC, Aug. 2001.
11. Birbraer A. N., Roleder A. J., Arhipov S. B. Probabilistic Assessment of NPP Building Vibrations Caused by Aircraft Impact. Paper № 1645 / Trans. 16th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 16), Washington DC, Aug. 2001.

Maystrenko Igor Iurevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: igor_maystr@mail.ru

Zinnurov Tagir Almirovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: leongar@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Maystrenko Tatyana Igorevna

specialist on industrial safety

E-mail: maystrenko1496@mail.ru

Egorova Irina Iurevna

project technician

E-mail: rish9210@gmail.com

LTD Scientific and production center «Stroy-Expertiza»

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Kalinina st., 48, off., 506A

**The bridges estimated safety maintenance
with a glance of statistical failure analysis and initial damage****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to develop an algorithm for assessing the operational probability of failures, which allows us to quantify the safety of exploitation of bridges by the variability of the system reliability indicators.

Results. The main results of the research are the development of the concept of practical use of the accumulated statistical data on the failures of structural systems and the initial damage to the elements of bridge structures, with respect to certain types of calculations and life cycle stages for a supposedly significant feature related to the causes of the failure.

Conclusions. The significance of the results obtained for the design and reconstruction of road bridges is the ability to rank technical systems at the actual level of reliability and optimize decision-making procedures for the reconstruction of bridge structures.

Keywords: security, bridge, statistical, analysis, renouncement, distribution, confidence interval, parameter.

References

1. Manapov A. Z. Calculation of reliability and life of building structures by statistical modeling. Kazan : KGASU, 2010. 131 p.
2. Kelton V. D., Loy A. M. Imitation modeling. SPb. : Piter, 2004. 847 p.
3. Dimov Ia. M., Maslov O. N., Troshin Y. V. Reduction of uncertainty in the choice of management decisions using the method of statistical simulation // *Informacionnye tehnologii*. 2014. № 6. P. 51–57.
4. Spethe G. Reliability of load-bearing building structures. M. : Stroyizdat, 1994. 288 p.
5. Maystrenko I. Y., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Kokodeev A. V. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 1 // *Transportnye sooruzheniya*. 2017. № 4. 39 p.
6. Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I., Maystrenko I. Y., Kokodeev A. V. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 2 // *Transportnye sooruzheniya*. 2017. № 4. 35 p.
7. Maystrenko I. Y., Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Uspanov A. M. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 3 // *Transportnye sooruzheniya*. 2018. № 1. 41 p.
8. Ovchinnikov I. I., Maystrenko I. Y., Ovchinnikov I. G., Uspanov A. M. Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 4 // *Transportnye sooruzheniya*. 2018. № 1. 25 p.
9. Bignon P. G., Riera J. D. Verification of Methods for Soft Missile Impact Problems // *Nucl. Engng. and Des.* 1980. Vol. 60. P. 311–326.
10. Birbraer A. N., Roleder A. J., Arhipov S. B. Probabilistic Assessment of NPP Building Structures Strength under Aircraft Impact. Paper № 1644 / Trans. 16th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 16), Washington DC, Aug. 2001.
11. Birbraer A. N., Roleder A. J., Arhipov S. B. Probabilistic Assessment of NPP Building Vibrations Caused by Aircraft Impact. Paper №1645 / Trans. 16th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT 16), Washington DC, Aug. 2001.

УДК 629.331

Махмутов Марат Мансурович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: maratmax@yandex.ru

Мухаметшина Румия Мугаллимовна

кандидат химических наук, доцент

E-mail: rumya211@yandex.ru

Земдиханов Минсур Миналимович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: mr.minsur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Зарипов Арслан Маратович

инженер-конструктор

E-mail: arzar744@gmail.com

Казанский крановый завод «Гертек»

Адрес организации: 420099, Россия, г. Казань, ДНТ «Паландия», ул. Паландия, зд. 91

Обеспечение надежности машин при дорожном строительстве

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить показатели надежности машин и эффективности работы всех структурных подразделений эксплуатационных предприятий, обеспечивающих техническое обслуживание и ремонт машин.

Результаты. По результатам экспериментальных исследований, получены зависимости периодичности технического обслуживания по допустимому уровню безотказности. Были построены графики изменения параметра технического состояния по его допустимому значению.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в получении функции изменения интенсивности отказов в зависимости от времени. По результатам численных экспериментов можно получить единую регрессионную функцию для вычисления интенсивности отказов.

Ключевые слова: надежность, дорожно-строительная техника, наработка, эксплуатация, техническое обслуживание.

Введение

От показателей надежности основных узлов и деталей зависит уровень технического обслуживания строительной техники. Важное место в системе обеспечения надежности машин занимает стадия эксплуатации. Затраты на техническое обслуживание (ТО) за период эксплуатации в 3-4 раза превышают стоимость машины [1-3].

Существующая в настоящее время система обеспечения надежности не позволяет реализовывать высокие показатели технической надежности дорожно-строительных машин. Это ведет к значительным технико-экономическим потерям и снижению конкурентоспособности отечественной дорожно-строительной техники в сравнении с импортными аналогами. Актуальность этой проблемы усиливается и из-за диверсификации транспортных предприятий в связи с необходимостью импортозамещения зарубежной дорожно-строительной техники отечественными машинами [4, 5].

Для обеспечения надежного и безопасного функционирования машин необходимы мероприятия по поддержанию высоких показателей их долговечности и безотказности. На рис. 1 представлены основные направления обеспечения надежности при эксплуатации дорожных машин.

Перечень мероприятий по обеспечению надежности на стадии зависит от вида техники и условий их использования.

Основой технической политики, сложившейся в зарубежной практике, является постоянное повышение эффективности работ по техническому обслуживанию и ремонту техники для увеличения ее ресурса.

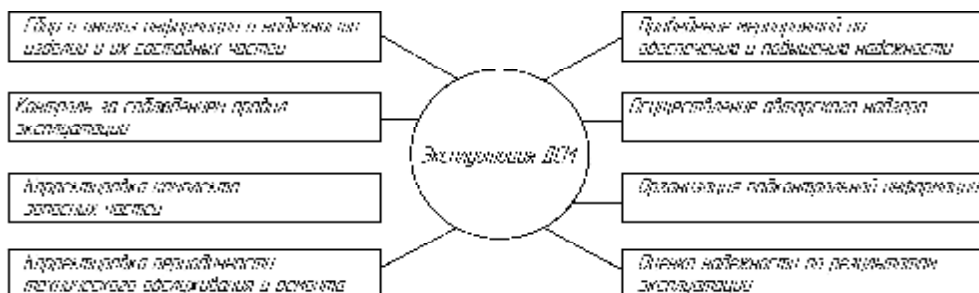


Рис. 1. Основные направления обеспечения надежности при эксплуатации дорожно-строительных машин (иллюстрация автора)

Перспективным способом совершенствования системы обеспечения надежности при эксплуатации дорожно-строительных машин является использование диагностического оборудования. В теории надежности при расчете группы одинаковых изделий частота отказов обычно рассчитывается для одного рабочего изделия в группе и характеризуется интенсивностью отказов λ .

Результаты исследований и их обсуждение

По статистическим данным эксплуатации невосстанавливаемых изделий интенсивность отказов можно определить:

$$\lambda = \frac{n}{t \cdot N_p} \left[\frac{\text{отк}}{\text{час}} \right], \quad (1)$$

где n – количество отказов в группе;

N_p – количество работоспособных изделий;

n/t – частота отказов.

В группе одинаковых невосстанавливаемых изделий в расчете на одно исходное испытуемое изделие берется функция $f(t)$ и определится по формуле:

$$f = \frac{n}{t \cdot N} \left[\frac{\text{отк}}{\text{час}} \right], \quad (2)$$

где N – число работоспособных изделий в группе.

Среднее время безотказной работы T характеризует наработку изделия до наступления отказа. Из теории статистики известно, что математическое ожидание можно определить формулой:

$$T_{\text{ср.}} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i \cdot n_i}{N_0}, \quad (3)$$

где n_i – количество отказов в группе за время t ;

N_0 – общее число испытуемых изделий.

В теории вероятности функция называется функцией плотности вероятности случайной величины T , а в теории надежности – функцией плотности расположения на оси времени t реализаций случайной величины T по данным испытаний (рис. 2).

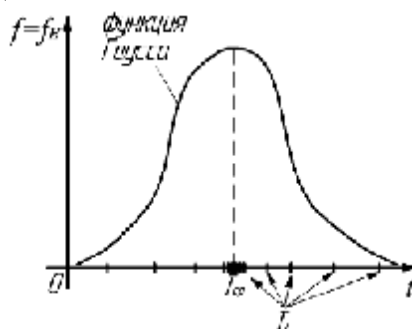


Рис. 2. Функция f_n при нормальном законе распределения случайной величины T [2]

Возвращаясь к характеристике, отметим, что на второй стадии эксплуатации величина const . По мере старения техники из-за износа, коррозии, начинается 3-я стадия эксплуатации – стадия износовых (постепенных) отказов – их предпосылки развиваются постепенно.

Покажем график изменения интенсивности отказов по всем трём стадиям эксплуатации техники (рис. 3).

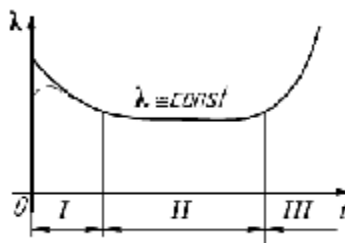


Рис. 3. Этапы эксплуатации технических систем [5]

Профессор Проников А.С. предложил термин «потенциальные» отказы техники для тех отказов, которые ещё не произошли, но уже ожидаются. Данный термин применяется при проведении планово-предупредительного ремонта для предупреждения таких назревающих отказов [5, 6].

Риски узлов дорожно-строительной машины определяются формулой:

$$N_p = \sum n_p \cdot k, \quad (4)$$

где N_p – максимальное количество рисков,

$\sum n_p$ – максимальное число рисков детали, привода, механизма и так далее,

k – количество деталей, узлов, механизмов, приводов и так далее, в зависимости от масштабов определения рисков.

На рис. 4 представлена схема суммирования всех рисков рассматриваемых дорожно-строительных конфигураций, исходя из принципа разделения на подсистемы общей технической системы дорожно-строительных машин.

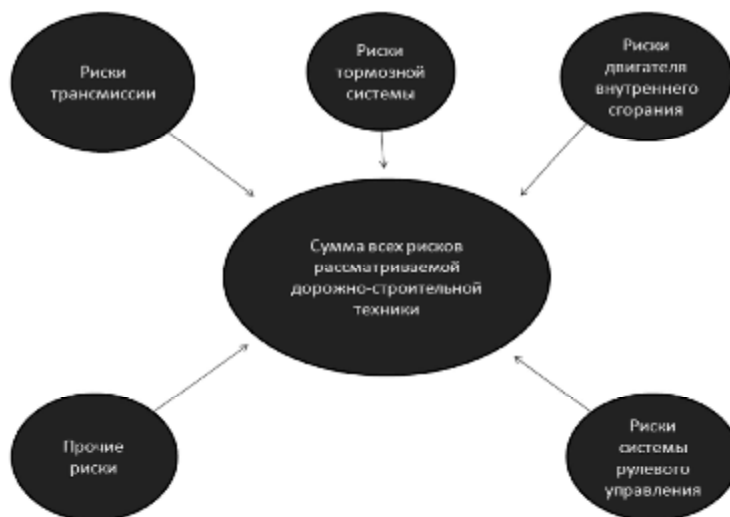


Рис. 4. Сумма всех рисков дорожно-строительной техники (иллюстрация автора)

В постоянных условиях эксплуатации ход износа в парах трущихся деталей описывается зависимостью:

$$X_{изн} = i \cdot t_{изн} [\text{мм}, \text{г}], \quad (5)$$

где $X_{изн}$ – результат износа (уменьшение поперечного размера, массы детали);

$t_{изн}$ – время износа;

i – скорость износа (мм/ч, г/ч).

В постоянных условиях работы скорость износа детали тоже примерно постоянна. Однако, даже в группах одинаковых пар трущихся деталей, всегда есть некоторый разброс скорости износа относительно её средней величины.

Чаще всего разброс значений скорости износа i подчиняется нормальному закону, т. е. в группе одинаковых сопряжений есть какое-то среднее значение скорости износа i_{cp} и вокруг него примерно симметричное в обе стороны рассеяние скорости износа. При нанесении по данным эксплуатации этого разброса на числовую ось i получаем следующий график (рис. 5).

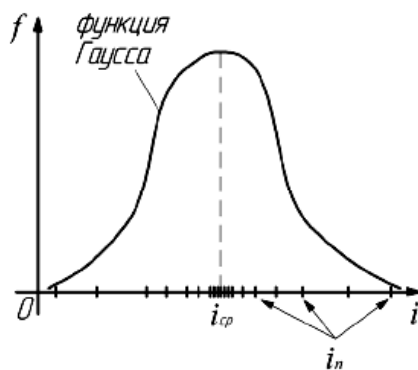


Рис. 5. Функция Гаусса для скорости износа [5]

Для предотвращения возникновения и проявления технических неисправностей, обусловленных отсутствием анализа рисков, необходимо осуществлять диагностику элементов технических систем в целом с целью выявления рисков на стадии разработки и проектирования, а также в период эксплуатации дорожно-строительной техники. Надежность дорожных, строительных и путевых машин должна обеспечиваться строгой системой, начиная с этапа проектирования, производства и к этапу эксплуатации.

Технико-экономический метод определения периодичности ТО является наиболее распространенным.

Экстремальное значение удельных затрат соответствует оптимальному решению:

$$K_{y0} = K_{mo}/t_0 + K_p/t_p, \quad (6)$$

где K_{mo} — затраты на операции ТО; K_p — затраты на ремонт; t_0 — периодичность обслуживания; t_p — наработка между выполнением ремонтов.

Техническое состояние определяется совокупностью, подверженных изменению в процессе эксплуатации, свойств и, установленных нормативными документами, показателей транспортного средства, определяющей возможности его применения по назначению. Снижение надежности технического состояния дорожно-строительной техники представляет собой опасное накопление скрытых и явных неисправностей. Вследствие износа и старения оно имеет место даже при нормальных условиях эксплуатации, но особенно ускоряется при нарушении правил технической эксплуатации или предписаний изготовителя, при эксплуатации за пределами установленного ресурса транспортного средства, при повышенных нагрузках, несвоевременно или некачественном выполнении технического обслуживания и ремонта, ошибках в применении эксплуатационных материалов и запасных частей.

Эффективным направлением совершенствования технологии эксплуатационного контроля техники при дорожном строительстве является применение компьютеризованных бортовых средств диагностирования [6-8]. Для каждого транспортного средства по результатам регистрации неисправностей в процессе работы бортовой системы может формировать периодичность технических обслуживаний и ремонтов. С помощью данных систем проводится контроль соблюдения предписаний изготовителя для конкретной дорожно-строительной техники.

Наиболее значимой, на наш взгляд, будет реализация функции бортовой системы по выявлению снижения надежности техники под влиянием неисправностей. В составе этой

функции могут быть решены задачи по оценке работоспособности тормозных систем, подвески, сцепления шин с опорной поверхностью, системы нейтрализации отработавших газов и ряд других задач. В результате бортовая система контроля работоспособности транспортного средства должна будет сформировать отчет о допустимости продолжения эксплуатации техники и работоспособности ее систем и агрегатов. Бортовая система контроля с применением внешних диагностических приборов и автоматизации контроля способна вывести на новый уровень надежность дорожно-строительной техники. Насыщение парка дорожно-строительной техники транспортными средствами с бортовыми системами оценки технического состояния в корне изменит содержание и профилактические возможности технического осмотра. Появится техническая основа для прогнозирования при техосмотре остаточного ресурса наименее надежных узлов. Для дорожно-строительных машин и оборудования российских конструкций, не самых надежных и безопасных, применение таких систем окажется наиболее актуально. Оно компенсирует риски от эксплуатации менее безотказной техники и приблизит ее конкурентоспособность к наиболее передовым образцам.

Заключение

Анализ и устранение рисков на стадии проектирования и разработки являются важными процедурами, обеспечивающими повышение коэффициента безопасности при эксплуатации дорожно-строительных единиц.

Управление рисками при эксплуатации машин – объективная необходимость научно-технического прогресса, экономических и структурных изменений, происходящих в стране и за рубежом [9, 10]. Для повышения ресурса, надежности узлов и деталей, а, следовательно, и машины в целом, необходимо превентивное техническое обслуживание с применением высококачественных расходных материалов в установленные сроки.

Список библиографических ссылок

1. Александров М. П., Колобов Л. Н., Лобов И. Н. Грузоподъемные машины. М. : Машиностроение, 2000. 400 с.
2. Анферов В. Н., Кузнецов С. М., Васильев С. И. Имитационная модель оценки организационно-технологической надежности работы стреловых кранов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 1 (649). С. 70–78.
3. Баловнев В. И., Данилов Р. Г., Селиверстов Н. Д. Выбор транспортно-технологических машин // Наука и техника в дорожной отрасли. 2018. № 2. С. 38–41.
4. Баловнев В. И., Данилов Р. Г. Повышение качества дорожного строительства на основе интеллектуальной техники // Строительные и дорожные машины. 2011. № 6. С. 27–29.
5. Веригин Ю. А., Кульсеитов Ж. О., Жандарбекова А. М. Организация эксплуатационных испытаний на надежность дорожно-строительных машин // Вестник ТОГУ. 2008. № 1 (8). С. 45–52.
6. Кабашкин И. В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 2 (27). С. 34–38.
7. Мухаметшина Р. М. Обеспечение безопасности при эксплуатации дорожно-строительных машин // Вестник НЦ БЖД. 2017. № 4 (34). С. 93–96.
8. Hofmann S., Storz M. Doppelschraubgetriebe // Sonderdruck aus Ant-riebstechnik 34. 1995. № 8.
9. Perez A., McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME. Vol. 125, 2003. P. 98–104.
10. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Risk management model in road transport systems // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. С. 012008.

Makhmutov Marat Mansurovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: maratmax@yandex.ru**Mukhametshina Rumya Mugallimovna**

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: rumya211@yandex.ru**Zemdikhanov Minsur Minalimovich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: mr.minsur@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Zaripov Arslan Maratovich

design engineer

E-mail: arzar744@gmail.com**Kazan crane plant «Gertec»**

The organization address: 420099, Russia, Kazan, SNP «Palandiya», Palandiya st., 91

Reliability of machines in road construction**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify indicators of reliability of machines and efficiency of all structural units of operational enterprises, providing maintenance and repair of machines.

Results. According to the results of experimental studies, the dependence of the periodicity of the permissible level of reliability. Graphs were constructed of the change of the parameter of the technical condition and its possible value.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is to obtain the function of changing the failure rate depending on the time. According to the results of numerical experiments it is possible to obtain a single regression function to calculate the failure rate.

Keywords: reliability, road construction equipment, operating time, operation, maintenance.

References

1. Alexandrov M. P., Kolobov L. N., Lobov I. N., etc. Hoisting machine. M. : Mashinostroeniye, 2000. 400 p.
2. Anferov V. N., Kuznetsov S. M., Vasilyev S. I. Imitating model of estimation of organizational-technological reliability of the jib cranes // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. 2013. № 1 (649). P. 70–78.
3. Balovnev V. I., Danilov R. G., Seliverstov N. D. Selection of transport and technological machines // Nauka i technika v doroshnoy otrasli. 2018. № 2. P. 38–41.
4. Balovnev V. I., Danilov R. G. Improvement of quality of road construction on the basis of intellectual equipment // Stroitelnye i doroshniye mashiny. 2011. № 6. P. 27–29.
5. Verigin Y. A., Kulseitov Z. O., Zhandarbekov A. M. Organization of operational reliability of road-building machines // Vestnik TOGU. 2008. № 1 (8). P. 45–52.
6. Kabashkin I. V. Intelligent transport systems: integration of global technologies of the future // Transport Rossiyskoy Federacii. 2010. № 2 (27). P. 34–38.
7. Mukhametshina R. M. Safety measures provision on road construction machinery operation // Vestnik NTs BZHD, 2017, № 4 (34). P. 93–96.
8. Hofmann S., Storz M. Doppelschraubgetriebe // Sonderdruck aus Ant-riebstechnik 34. 1995. № 8.
9. Perez A., McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME. Vol. 125, 2003. P. 98–104.
10. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Risk management model in road transport systems. Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. C. 012008.



УДК 621.878

Земдиханов Минсур Миналимович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: mr.minsur@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Халиуллин Дамир Тагирович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: damirtag@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65

Определение сил взаимодействия вибрационного рабочего органа землеройной машины с грунтом

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить силовые факторы взаимодействия автоколебательного рабочего органа землеройной машины с грунтом и определить его конструктивные и технологические параметры.

Результаты. Получено уравнение автоколебательного движения ножа рабочего органа землеройной машины в зависимости его конструктивных параметров и технологических свойств грунта.

Выводы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и определении оптимальных конструктивных параметров автоколебательных рабочих органов землеройных машин для конкретных условий их работы.

Ключевые слова: рабочий орган, колебательное движение, нож, землеройная машина.

Введение

Повысить производительность землеройных и землеройно-транспортных машин можно путем увеличения мощности двигателя и напорных усилий. При этом за единицу времени перемещается большее количество грунта. Другим направлением повышения производительности землеройно-транспортных машин являются совершенствование их технологической схемы и конструкций рабочих органов. Последнее позволяет, не увеличивая мощность и напорное усилие землеройно-транспортной машины, повысить ее производительность путем снижения сил сопротивления грунта, возникающих при взаимодействии рабочего органа с ним.

Снизить силы сопротивления, действующие на рабочие органы землеройно-транспортных машин, которые выполняют землеройные или землеройно-транспортные операции, можно и другими путями, основанными на применении вибрации, удара или взрыва. Рабочие органы, таких машин, называют активными [1, 2].

К вибрационным относятся такие рабочие органы, на которых устанавливают источники вибрации, сообщающие им колебания определенной частоты и направления. Возникающие при этом импульсные нагрузки разрушают грунт и тем самым способствуют снижению сопротивления внедрению в него рабочего органа [3, 4].

В землеройных машинах с ножевыми, отвальными рабочими органами вибрации сообщаются обычно отвалу или ножу отвала.

Недостатком вибрационных землеройных и землеройно-транспортных рабочих органов является сложность конструкции, а также зачастую более высокая суммарная энергоемкость [5].

Поэтому, интерес представляют рабочие органы землеройных и землеройно-транспортных машин особой конструкции, в которых колебательное движение ножа или отвала происходит за счет неоднородности структуры грунта, и соответственно и силы сопротивления рабочему органу, т.е. возникают автоколебания рабочего органа при взаимодействии с грунтом. В отличие от рабочих органов с активным приводом они не

требуют подвода дополнительной энергии, следовательно, имеют меньшую энергоёмкость и более простую конструкцию. Вместе с тем они обладают всеми преимуществами рабочих органов с активным приводом [6-8].

Схема предлагаемого вибрационного рабочего органа

Нами предлагается схема вибрационного рабочего органа, например, ножа 1 поворотного отвала бульдозера или автогрейдера, который может быть установлен под углом γ_0 в плане, с возможностью поворота вокруг вертикальной оси OZ , проходящей через носок ножа перпендикулярно к плоскости рисунка (рис.). При этом нож 1 подпружинен пружиной 3, которая также может быть выполнена в виде торсионного вала, проходящего через ось OZ .

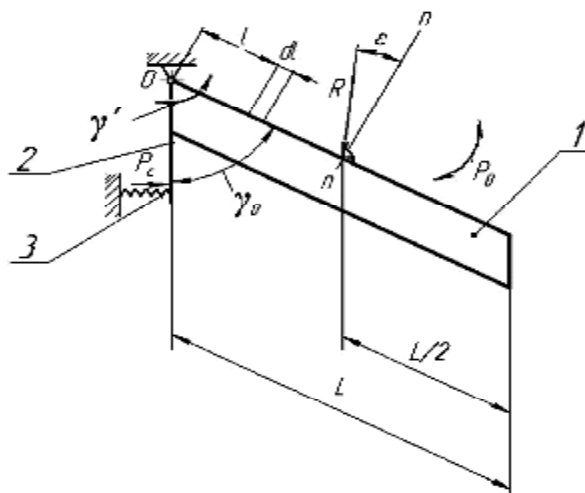


Рис. Схема сил, действующих на рабочий орган (иллюстрация авторов)

Теоретическое исследование влияния конструктивных параметров рабочего органа и технологических свойств грунта на характер колебательного движения ножа землеройной машины

Рассмотрев процесс взаимодействия ножа рабочего органа с грунтом, и определив влияние его параметров на процесс колебаний, можно записать уравнение его движения.

Была исследована система с двумя степенями свободы, совершающая колебательное движение относительно вертикальной оси OZ и движущаяся поступательно со скоростью V_e (рис.).

На рис. показана схема сил, действующих на нож 1 рабочего органа, который закреплен с возможностью поворота вокруг вертикальной оси OZ . Нож 1 подпружинен пружиной 3, действующей на вилку 2 таким образом, что момент M_R силы R , являющейся горизонтальной проекцией главного вектора силы сопротивления грунта на направление поступательного движения ножа, уравновешивается моментом M_C , создаваемым силой P_C , воздействующей на вилку ножа со стороны пружины 3.

Такая схема крепления ножа рабочего органа требует применения пружин с большой жесткостью, следовательно, появляется возможность иметь систему с высокой собственной частотой колебаний, определяемой по выражению:

$$w_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{c}{J}}, \quad (1)$$

где c — жесткость системы к повороту ножа, Н м/рад; J — момент инерции ножа относительно вертикальной оси, кгм². Чем выше частота колебаний рабочего органа, тем выше эффект от его колебательного движения, который выражается в том числе и в снижении тягового сопротивления землеройной машины [9].

При движении ножа рабочего органа, изменения сопротивления грунта вызывают поворот ножа от состояния равновесия с углом между направлением движения землеройной машины и линией лезвия ножа равной γ_0 , при котором моменты M_R и M_C взаимно

уравновешены, на некоторый угол γ . Нож, выведенный из равновесия, начнет совершать колебательное движение. Энергия колебаний при этом убывает из-за неизбежных потерь на трение в грунте. Однако, непостоянство параметров грунта, как неоднородной среды, приводит к возникновению все новых колебаний с разной амплитудой.

В данной схеме частоту собственных колебаний можно регулировать изменением крутильной жесткости системы, т.е. применением пружин 3 (рис.) с различной жесткостью, а также применением вместе пружины 3 с вилкой 2 торсионного вала проходящего через ось OZ .

На нож также действует момент M_D от диссипативных сил P_D грунта, противодействует колебательному движению ножа. Тогда вибрационное движение ножа рабочего органа землеройной машины может быть описано следующим уравнением:

$$J\ddot{\varphi} = M_R + M_C + M_D, \quad (2)$$

где $\ddot{\varphi}$ – угловое ускорение ножа вокруг оси OZ ; M_R – момент силы R ; M_C – момент силы P_C ; M_D – суммарный момент диссипативных сил P_D .

При получении уравнения колебательного движения можно рассмотреть два варианта крепления ножа: первый вариант, когда ось поворота ножа проходит через крайний левый носок лезвия ножа (рис.); второй вариант, когда ось находится на некотором расстоянии от линии лезвия лапы. Рассмотрим здесь первый вариант рабочего органа.

Как видно из схемы, момент M_R силы R определяется по выражению:

$$M_R = R \frac{L}{2} \cos \varepsilon, \quad (3)$$

где L – длина лезвия ножа; ε – угол трения ножа о почву при поступательном движении машины.

Силу R можно определить по формуле:

$$R = \frac{R_x}{\sin(\varepsilon + g_0)}, \quad (4)$$

где R_x – проекция силы R в направлении поступательного движения землеройной машины; g_0 – угол между направлением движения землеройной машины и линией лезвия ножа в плане, когда моменты M_R и M_C взаимно уравновешены и равны соответственно M_R^0 и M_C^0 .

Силу R_x в свою очередь можно записать в следующем виде [9]:

$$R_x = k_0 B_0 = k_0 L \sin g_0, \quad (5)$$

где k_0 – составляющая сопротивления грунта рабочему органу по направлению движения землеройной машины, приходящаяся на единицу ширины захвата, Н/м; B_0 – ширина захвата землеройной машины, когда угол между направлением движения землеройной машины и линией лезвия ножа равен g_0 .

Подставив R_x из формулы (5) в выражение (4) получим:

$$R = \frac{k_0 L \sin g_0}{\sin(\varepsilon + g_0)}. \quad (6)$$

Из формул (3) и (6) получим уравнение для определения M_R^0 :

$$M_R^0 = \frac{k_0 L^2 \cos \varepsilon \sin g_0}{2 \sin(\varepsilon + g_0)}. \quad (7)$$

При угле между направлением движения машины и линией лезвия ножа равной g_0 , момент $M_R^0 = -M_C^0$, то запишем:

$$M_C^0 = - \frac{k_0 L^2 \cos \varepsilon \sin g_0}{2 \sin(\varepsilon + g_0)}. \quad (8)$$

В процессе движения нож совершает колебательное движение, отклоняясь относительно угла g_0 на угол γ , при этом моменты M_R и M_C определяются по уравнениям:

$$M_R = \frac{k_0 L^2 \cos \varepsilon \sin(g_0 + \gamma)}{2 \sin(\varepsilon + g_0 + \gamma)}, \quad (9)$$

$$M_C = - \frac{k_0 L^2 \cos \varepsilon \sin g_0}{2 \sin(\varepsilon + g_0)} + c g. \quad (10)$$

Потери энергии в грунте при колебательном движении рабочего органа принимаем с учетом сухого, вязкого и квадратичного трения. Здесь главный момент диссипативных сил является квадратичной функцией угловой скорости $\dot{\varphi}$ и имеет направление против направления поворота ножа [9]:

$$M_D = (b_1 m_1 \operatorname{sgn} \dot{\varphi} + b_2 m_2 \dot{\varphi} + b_3 m_3 \dot{\varphi}^2 \operatorname{sgn} \dot{\varphi}), \quad (11)$$

где b_1, b_2, b_3 – коэффициенты, зависящие от свойств почвы и относящиеся сухому, вязкому и квадратичному трению, соответственно; m_1, m_2, m_3 – коэффициенты, зависящие от конструктивных параметров рабочего органа; $\operatorname{sgn} \dot{\varphi}$ – функция Кронекера, которая имеет значения $-1, 0, 1$ при $\dot{\varphi} < 0, \dot{\varphi} = 0, \dot{\varphi} > 0$, соответственно.

Определим входящие в уравнение (11) коэффициенты m_1, m_2, m_3 , зависящие от конструктивных параметров рабочего органа. Основная часть силы трения грунта об рабочий орган машины, действующей на нож, как известно, приходится на ее лезвие. Значительно меньшая часть силы трения грунта воздействует на верхнюю поверхность ножа [10, 11].

Далее формулу (11) запишем в виде:

$$M_D = (M_1 \operatorname{sgn} \dot{\varphi} + M_2 + M_3 \operatorname{sgn} \dot{\varphi}), \quad (12)$$

где M_1, M_2, M_3 – моменты сопротивления грунта относительно оси поворота ножа, создаваемые силами сухого, вязкого и квадратичного трения.

Определяем моменты M_1, M_2, M_3 в форме следующих интегралов:

$$M_1 = b_1 \int_0^L \dot{\varphi} dl = b_1 \frac{L^2}{2}, \quad (13)$$

$$M_2 = b_2 \int_0^L \dot{\varphi} l dl = b_2 \int_0^L \dot{\varphi} l^2 dl = b_2 \frac{L^3}{3} \dot{\varphi}, \quad (14)$$

$$M_3 = b_3 \int_0^L \dot{\varphi}^2 l dl = b_3 \int_0^L \dot{\varphi}^2 dl = b_3 \frac{L^4}{4} \dot{\varphi}^2, \quad (15)$$

где l – расстояние от центра поворота ножа до отрезка dl на лезвии ножа; $\dot{\varphi}$ – скорость отрезка лезвия dl при колебательном движении ножа.

Тогда m_1, m_2, m_3 определяются по следующим выражениям:

$$m_1 = \frac{L^2}{2}; \quad m_2 = \frac{L^3}{3}; \quad m_3 = \frac{L^4}{4}. \quad (16)$$

После соответствующих преобразований уравнение (2) колебательного движения ножа рабочего органа имеет вид:

$$J \ddot{\varphi} = \frac{k_0 L^2 \cos e}{2} \frac{\dot{e} \sin(g_0 + g)}{\dot{e} \sin(e + g_0 + g)} - \frac{\sin g_0}{\sin(e + g_0)} \dot{U} + c g - \frac{c}{e} b_1 \frac{L^2}{2} \operatorname{sgn} \dot{\varphi} + b_2 \frac{L^3}{3} \dot{\varphi} + b_3 \frac{L^4}{4} \dot{\varphi}^2 \operatorname{sgn} \dot{\varphi} \quad (17)$$

или, введя обозначения, получим:

$$\ddot{\varphi} - A_0 \frac{\dot{e} \sin(g_0 + g)}{\dot{e} \sin(e + g_0 + g)} - \frac{\sin g_0}{\sin(e + g_0)} \dot{U} - A_c g + A_2 \dot{\varphi} + (A_1 + A_3 \dot{\varphi}^2) \operatorname{sgn} \dot{\varphi} = 0, \quad (18)$$

где

$$A_0 = \frac{k_0 L^2 \cos e}{2J}; \quad A_c = \frac{c}{J}; \quad A_1 = \frac{b_1 L^2}{2J}; \quad A_2 = \frac{b_2 L^3}{3J}; \quad A_3 = \frac{b_3 L^4}{4J}.$$

Заключение

Таким образом, получено уравнение колебательного движения рабочего органа землеройной машины в зависимости от его конструктивных параметров и технологических свойств грунта, которое может быть использовано при определении оптимальных параметров машины для конкретных условий работы.

Список библиографических ссылок

1. Лапшин В. Л., Демаков Е. И. Упруго-вязко-пластичная модель для моделирования процессов вибросепарации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 12. С. 285–288.
2. Кузнецова В. Н., Кузнецов И. С. Моделирование процесса контактного взаимодействия рабочих органов землеройных и землеройно-транспортных машин с мерзлым грунтом // Вестник СиБАДИ. 2018. № 15 (2). С. 189–198.
3. Способ регулирования параметров колебаний вибрационных рабочих органов и устройство для его осуществления : пат. № 2231241 Рос. Федерация. заявл. 07.12.01; опубл. 27.09.04, Бюл. № 27. 6 с.
4. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. Т. 738. № 1. P. 119–121.
5. Третьяков А. И. Анализ конструкторско-исследовательских работ по вибрационным рабочим органам лесных почвообрабатывающих орудий // Воронежский научно-технический вестник. 2013 № 3 (5). С. 90–101.
6. Дорожная фреза с виброприводом : пат. № 2614847 ; заявл. 23.12.14 ; опубл. 29.03.17, Бюл. № 19. 5 с.
7. Batke W., Siebeck J., Halama H., Ricci M., Tintrup F. Tooth cap for construction machinery, US Patent D463460, 2002.
8. Bruce D. Earth working sweep, US Patent 20030010157, 2003.
9. Панов И. М., Ветохин В. И. Физические основы механики почв // Киев : Феникс, 2008. 266 с.
10. Киселева Л. Н., Кузнецова В. Н. Основные принципы математического моделирования процесса взаимодействия рабочего органа подкапывающей машины с разрабатываемым грунтом // Вестник СиБАДИ. 2011. № 2. С. 5–9.
11. Horst Konig. Maschinen im Baubetrieb. Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag, 2008. 354 p.

Zemdikhanov Minsur Minalimovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: mr.minsur@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Khaliullin Damir Tagirovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: damirtag@mail.ru

Kazan State Agrarian University

The organization address: 420015, Russia, Kazan, K. Marks st., 65

**Determination of the interaction forces
of the vibrate working body of digging machine with the soil****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to identify the force factors of interaction of the self-oscillating working body of the earth-moving machine with the soil and to determine its design and technological parameters.

Results. The equation of the self-oscillating motion of the knife of the working body of the earth-moving machine is obtained depending on its design parameters and technological properties of the soil.

Conclusions. The obtained results can be used in the development and determination of optimal design parameters of self-oscillating working bodies of earthmoving machines for specific conditions of their work.

Keywords: working body, oscillatory motion, knife, earthmoving machine.

References

1. Lapshin V. L., Demakov E. I. Elastic-visco-plastic model for simulation of vibration separation processes // Gorniy informatsionno-analitichesky bulletin. 2008. № 12. P. 285–288.
2. Kuznetsova V. N., Kuznetsov I. S. Simulation of the contact process interactions of land-moving and earth-transport machines working bodies with frozen soil // Vestnik SibADI. 2018. № 15 (2). P. 189–198.
3. A method of regulating the parameters of vibration of the working bodies and the device for its implementation : patent 2231241 of the Rus. Federation ; decl. 07.12.2001; publ. 29.03.2017. Bull. in № 27. 5 p.
4. Sakhapov R. L., Nikolaeva R. V., Gatiyatullin M. H., Makhmutov M. M. Modeling the dynamics of the chassis of construction machines // Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 738. № 1. P. 119–121.
5. Tretyakov, A. I. Analysis of design research in the vibrating working bodies of forestry of tillers // Voronezhskiy nauchno-tehnicheskiy vestnik. 2013. № 3 (5). P. 90–101.
6. Road milling cutter with vibration drive : patent 2614847 of the Rus. Federation ; decl. 23.12.2014; publ. 29.03.2017. Bull. in № 19. 5 p.
7. Batke W., Siebeck J., Halama H., Ricci M., Tintrup F. Tooth cap for construction machinery, US Patent D463460, 2002.
8. Bruce D. Earth working sweep, US Patent 20030010157, 2003.
9. Panov I. M., Vetohin V. I. Physical foundations of mechanics of soils // Kyiv : Feniks. 2008. 266 p.
10. Kiseleva L. N., Kuznetsova V. N. The basic principles of mathematical modeling of the interaction of the working body of the digging machine with the developed soil // Vestnik SibADI. 2011. № 2. P. 5–9.
11. Horst Konig. Maschinen im Baubetrieb. Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag, 2008. 354 p.

УДК 624.04

Серазутдинов Мурат Нуриевич

доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: serazmn@mail.ru

Убайдуллоев Маджид Насриевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: madgidpwn@rambler.ru

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Адрес организации: 420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Метод расчета упругопластического деформирования усиленных стержневых конструкций при различных режимах нагружения

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования, является разработка универсального вариационного метода расчета усиленных в напряженном состоянии стержневых конструкций в случаях, когда деформации являются упругопластическими, внешние силы изменяются в режиме: нагружение – разгрузка – повторное нагружение, а в конструктивную схему конструкции при изменении величин сил могут быть внесены изменения.

Результаты. Представлены основные расчетные соотношения для трех этапов изменения внешней нагрузки. На первом этапе определяются упругопластические деформации в элементах стержневой конструкции, на втором этапе, находится напряженно-деформированное состояние конструкции после разгрузки, на третьем этапе производится расчет конструкции после повторного нагружения. С использованием этих видов изменения внешней нагрузки могут быть реализованы всевозможные режимы изменения внешних сил.

Приведены соотношения для расчетов элементов стержневых конструкций, усиливаемых в напряженном состоянии, с учетом истории их нагружения и разгрузки.

Представлены результаты расчета усиленной в напряженном состоянии стальной балки предложенным методом.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что можно по единой схеме проводить расчеты для стержневых конструкций из упрочняющегося и идеально упругопластического материала, учитывая историю нагружения и изменения, вносимые в расчетную схему при усилении конструкции.

Результаты расчетов показали, что при усилении конструкций способом их предварительной разгрузки эффективность усиления получается существенно больше по сравнению со случаем, когда усиление производится без разгрузки.

Ключевые слова: стержневые конструкции, упрочняющийся материал, усиление, разгрузка, остаточная деформация, повторное нагружение, вариационный метод.

Введение

Как известно, во многих случаях при реконструкции существующих сооружений, находящихся в напряженном состоянии, производят разгрузку некоторых элементов конструкций, подвергаемых ремонту или усилению. При этом, согласно рекомендаций [1], конструкцию желательно разгрузить до 65 % от расчетной нагрузки. После реконструкции сооружений их дополнительно нагружают. Возникающие при этом деформации могут быть упругопластическими. В связи с этим при усилении конструкций в напряженном состоянии возникает необходимость оценки исходного напряженно-деформированного состояния (НДС) при упругопластическом деформировании, определения остаточных деформаций и напряжений, возникающих после разгрузки, и расчета НДС при повторном нагружении [2-5].

Отметим, что некоторые вопросы определения и учёта остаточных напряжений при разгрузке усиливаемых стержневых конструкций, а также методы определения НДС конструкций при упругопластическом деформировании представлены в классических работах. Однако, и в настоящее время методы расчета упругопластического

деформирования стержневых систем интенсивно развиваются и представлены в ряде научных публикаций. В частности, проблемам расчета НДС конструкций при различных режимах нагружения посвящены работы [6-8].

Методы оценки НДС усиленных под нагрузкой стержневых конструкций изложены в публикациях [3, 9-11]. Однако в этих работах вопросы расчета разгрузки усиливаемых конструкций с учетом остаточных упругопластических деформаций и напряжений не рассмотрены.

В данной статье представлен достаточно универсальный вариационный метод расчета деформирования стержневых конструкций с учетом остаточных упругопластических деформаций и напряжений, возникающих в усиливаемой конструкции. Метод может применяться для различных режимов нагружения и изменения геометрических характеристик стержневых систем, в том числе и при усилении конструкций.

Метод расчета

Изложим вариационный метод расчета усиленных в напряженном состоянии стержневых конструкций в случаях, когда деформации являются упругопластическими, а внешние силы изменяются в режиме нагружение – разгрузка – повторное нагружение. Представим основные расчетные соотношения для трех этапов изменения внешней нагрузки:

– на первом этапе, до усиления, упругопластические деформации в стержневой конструкции возникают при действии внешних сил $\bar{F} = \bar{F}^*$.

– на втором этапе, в период проведения усиления, внешние силы уменьшаются на величину $\Delta \bar{F}^{раз}$, возникает разгрузка, при которой $\bar{F} = \bar{F}^* - \Delta \bar{F}^{раз}$.

– на третьем этапе, после усиления конструкции, действующие внешние силы увеличиваются, осуществляется повторное нагружение при $\bar{F} = \bar{F}^* + \Delta \bar{F}^{пов}$.

Всевозможные режимы изменения внешних сил могут быть реализованы с использованием указанных трех этапов изменения внешней нагрузки.

Приведем основные расчетные соотношения для линейно-упрочняющего материала, диаграмма растяжения которого представлена на рис. 1.

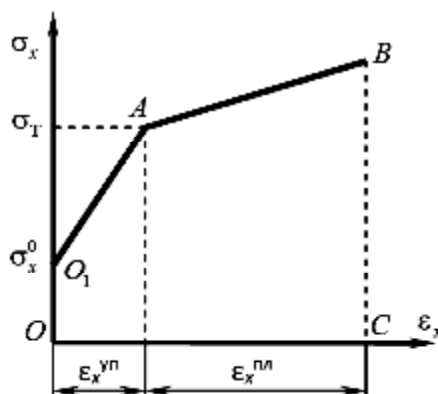


Рис. 1. Диаграмма $\sigma = f(\epsilon_x)$ (иллюстрация авторов)

Пусть E – модуль упругости материала при упругих деформациях (участок O_1A диаграммы на рис. 1), E_k – касательный модуль упругости при упругопластических деформациях (участок AB диаграммы), σ_x^0 – начальные напряжения в теле, σ_m – предел текучести материала.

Представим продольную деформацию стержня ϵ_x в виде суммы упругой $\epsilon_x^{уп}$ и пластической $\epsilon_x^{пл}$ деформаций:

$$e_x = e_x^{уп} + e_x^{пл}. \quad (1)$$

Полагаем

$$e_x^{уп} = a e_x, \quad e_x^{пл} = (1 - a) e_x. \quad (2)$$

где $0 < a \leq 1$ – параметр, определяющий величины упругой и пластической деформаций.

Как видно из рис. 1, если $\sigma_x \leq \sigma_T$, то деформации являются упругими ($\varepsilon_x^{nl} = 0$) и в формуле (1) следует полагать $\alpha = 1$. В этом случае $\sigma_x = \sigma_x^0 + E\varepsilon_x$, а вариация удельной потенциальной энергии деформации стержня, обусловленная деформацией растяжения и сжатия:

$$d u_0 = (s_x^0 + E\varepsilon_x) d\varepsilon_x.$$

При упругопластических деформациях ($\sigma_x > \sigma_T$), учитывая, что:

$$s_T = s_x^0 + E\varepsilon_x^{уп} = s_x^0 + E\alpha\varepsilon_x, \quad (3)$$

получаем:

$$\alpha = (s_T - s_x^0) / E\varepsilon_x. \quad (4)$$

Следовательно,

$$\alpha = \begin{cases} 1, & \text{если } s_x \leq s_T; \\ (s_T - s_x^0) / E\varepsilon_x, & \text{если } s_x > s_T. \end{cases} \quad (5)$$

При упругопластических деформациях ($\alpha < 1$):

$$s_x = s_T + E_k(\varepsilon_x - \varepsilon_x^{уп}).$$

С учетом (2)-(3), (5), получается:

$$s_x = s_x^0 + E^*\varepsilon_x, \quad (6)$$

где

$$E^* = E\alpha + E_k(1 - \alpha). \quad (7)$$

В соответствии с диаграммой растяжения материала (рис. 1), удельная потенциальная энергия деформации стержня при растяжении и сжатии равна площади фигуры OO_1ABC :

$$u_0^s = s_x^0\varepsilon_x + \frac{1}{2}(s_T - s_x^0)\varepsilon_x^{уп} + (s_T - s_x^0)\varepsilon_x^{nl} + \frac{1}{2}(s_x - s_T)\varepsilon_x^{nl}.$$

Учитывая (1)-(2), (6), получаем:

$$\sigma_x - \sigma_T = E_k(1 - \alpha)\varepsilon_x,$$

$$u_0^s = \frac{1}{2}(s_T - s_x^0)\varepsilon_x^{уп} + s_x^0\varepsilon_x + (s_T - s_x^0)(1 - \alpha)\varepsilon_x + \frac{1}{2}E_k(1 - \alpha)^2\varepsilon_x^2.$$

При вычислении вариации потенциальной энергии деформации варьируемыми величинами являются ε_x и α . Следовательно,

$$d u_0^s = s_x^0 d\varepsilon_x + (s_T - s_x^0)(1 - \alpha) d\varepsilon_x - \varepsilon_x d\alpha + E_k(1 - \alpha)^2\varepsilon_x d\varepsilon_x - \varepsilon_x^2(1 - \alpha) d\alpha. \quad (8)$$

С учетом (4), получаем:

$$d\alpha = -((s_T - s_x^0) / (E\varepsilon_x^2)) d\varepsilon_x = -(\alpha / \varepsilon_x) d\varepsilon_x. \quad (9)$$

Подставляя (9) в уравнение (8), находим:

$$d u_0^s = s_T d\varepsilon_x + E_k(1 - \alpha)\varepsilon_x d\varepsilon_x. \quad (10)$$

Используя равенства (3), (7), соотношение (10) можно представить в виде:

$$d u_0 = (s_x^0 + E^*\varepsilon_x) d\varepsilon_x. \quad (11)$$

Для вычисления входящего в (11) значения E^* необходимо знать величину α . Если при первом нагружении $\sigma_x^0 < \sigma_T$, то для определения α можно пользоваться условием (5). В случае $\sigma_x^0 < \sigma_T$, при вычислении коэффициента E^* следует полагать $\alpha = 0$.

Следовательно, в общем случае можно использовать (11) вычисляя α с использованием условия:

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{если } s_x^0 \geq s_T; \\ 1, & \text{если } s_x \leq s_T, s_x^0 < s_T; \\ \frac{s_T - s_x^0}{E\varepsilon_x}, & \text{если } s_x > s_T, s_x^0 < s_T. \end{cases} \quad (12)$$

Условие (12) применимо для $\varepsilon_x > 0$. В случаях, когда $\varepsilon_x < 0$:

$$\alpha = \begin{cases} 0, & \text{если } s_x^0 < s_T^-; \\ 1, & \text{если } s_x \geq s_T^-, s_x^0 \geq s_T^-; \\ \frac{s_T^- - s_x^0}{E\varepsilon_x}, & \text{если } s_x < s_T^-, s_x^0 > s_T^-. \end{cases} \quad (13)$$

Здесь σ_T^- – предел текучести материала при сжатии (отрицательная величина).

Используя (11)-(13), можно проводить вычисления для всех режимов нагружения. При первом нагружении σ_x^0 равно величине монтажных напряжений. При разгрузке полагаем $\sigma_x^0 = \sigma_x^{0P}$, а для повторного нагружения $\sigma_x^0 = \sigma_x^{ocm}$, где σ_x^{0P} – напряжения в стержне перед разгрузкой, σ_x^{ocm} – остаточные напряжения перед повторным нагружением.

При пластических деформациях возникает явление наклепа, изменяется предел пропорциональности материала, следовательно, изменяются и входящие в соотношения (12), (13) значения величин σ_T , σ_T^- . Поэтому, если $\varepsilon_x > 0$, $\sigma_x = \sigma_x^*$, то в тех точках стержня, где $\sigma_x^* > \sigma_T$, следует полагать $\sigma_T = \sigma_x^*$. Если $\varepsilon_x < 0$, $\sigma_x = \sigma_x^*$, то в тех точках стержня, где $\sigma_x^* < \sigma_T^-$, следует полагать $\sigma_T^- = \sigma_x^*$.

Как известно, влияние касательных напряжений на НДС стержневой конструкции при растяжении, сжатии и изгибе незначительно. Однако, при реализации вариационного метода, желательно учитывать касательные напряжения, т.к. это необходимо для стыковки различных элементов стержневой системы.

Как известно, при упругих деформациях касательные напряжения связаны с угловой деформацией законом Гука при сдвиге: $\tau^{упр} = G\gamma^{упр}$, где $G = E / 2(1+\nu)$ – модуль сдвига. Эта зависимость между G и E получается геометрически и не зависит от того, являются деформации упругими или упругопластическими. Исходя из этого, полагаем, что при упругопластических деформациях $\tau = \tau^0 + G^*\gamma$, где τ^0 – начальные касательные напряжения, G^* – модуль сдвига при упругопластических деформациях. С учетом (7):

$$G^* = E\alpha / 2(1+\nu) + E_k(1-\alpha) / 2(1+\nu^*),$$

здесь ν^* – модуль поперечной деформации материала при упругопластических деформациях.

При изгибе стержня в двух плоскостях возникают деформации γ_{xy} , γ_{xz} и напряжения τ_{xy} , τ_{xz} во взаимно перпендикулярных плоскостях. В этом случае:

$$t_{xy} = t_{xy}^0 + G^*g_{xy}, \quad t_{xz} = t_{xz}^0 + G^*g_{xz}.$$

Вариация удельной потенциальной деформации сдвига имеет вид:

$$d u_0^t = \frac{1}{2} d(t_{xy}g_{xy} + t_{xz}g_{xz}) = (t_{xy}^0 + G^*g_{xy})dg_{xy} + (t_{xz}^0 + G^*g_{xz})dg_{xz}.$$

Деформированное состояние стержневой конструкции определяется с использованием вариационного принципа Лагранжа $\delta U - \delta W = 0$, где:

$$dU = \oint_{\Omega} (s_x^0 + E^*e_x)de_x + (t_{xy}^0 + G^*g_{xy})dg_{xy} + (t_{xz}^0 + G^*g_{xz})dg_{xz} \quad (14)$$

– вариация потенциальной энергии деформации стержневой системы; δW – вариация работы внешних сил.

При решении задачи в качестве искомых величин используются перемещения $\bar{u}(\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3)$ и углы поворота $\bar{\varphi}(\bar{\varphi}_1, \bar{\varphi}_2, \bar{\varphi}_3)$ стержней. Входящие в (14) деформации ε_x , γ_{xy} , γ_{xz} выражаются через перемещения и углы поворота с использованием соотношений теории стержней, учитывающей сдвиги. Для определения $\bar{u}_1$, $\bar{u}_2$, $\bar{u}_3$ и $\bar{\varphi}_1$, $\bar{\varphi}_2$, $\bar{\varphi}_3$ применяется методика, изложенная в [11].

В случае определения напряженно-деформированного состояния ремонтируемых или усиливаемых под нагрузкой стержневых конструкций предполагается, что:

$$s_x^0 = s_x^p, t_{xy}^0 = t_{xy}^p, t_{xz}^0 = t_{xz}^p,$$

где s_x^p , t_{xy}^p , t_{xz}^p – напряжения, действующие в элементах конструкции в период ремонта и усиления.

Тогда вариация потенциальной энергии деформации усиленной конструкции, в соответствии с [11], представляется в виде:

$$dU = \int_L \left[\oint_{A^y} (E^*e_x de_x + G^*g_{xy} dg_{xy} + G^*g_{xz} dg_{xz}) dA + \oint_{A^p} (s_x^p de_x + t_{xy}^p dg_{xy} + t_{xz}^p dg_{xz}) dA \right] dl,$$

здесь L , A^p – длина и площадь поперечных сечений стержней стержневой конструкции в период ремонта; A^y – площади сечений элементов конструкции после усиления.

При действии на стержневую систему распределенных и сосредоточенных сил:

$$dW = \int_{l_q} \bar{q}_1 d\bar{u}_1 + \bar{q}_2 d\bar{u}_2 + \bar{q}_3 d\bar{u}_3 \quad dl + \sum_{i=1}^I (\bar{F}_{1i} d\bar{u}_1(x_i) + \bar{F}_{2i} d\bar{u}_2(x_i) + \bar{F}_{3i} d\bar{u}_3(x_i)) +$$

$$+ \sum_{j=1}^3 (\tilde{M}_{1j} f_{1j}^H(x_j) + \tilde{M}_{2j} f_{2j}^H(x_j) + \tilde{M}_{3j} f_{3j}^H(x_j)),$$

здесь $\tilde{q}_1 = \tilde{q}_1^*$, $\tilde{q}_2 = \tilde{q}_2^*$, $\tilde{q}_3 = \tilde{q}_3^*$, $\tilde{F}_{1i} = \tilde{F}_{1i}^*$, $\tilde{F}_{2i} = \tilde{F}_{2i}^*$, $\tilde{F}_{3i} = \tilde{F}_{3i}^*$, $\tilde{M}_{1j} = \tilde{M}_{1j}^*$, $\tilde{M}_{2j} = \tilde{M}_{2j}^*$, $\tilde{M}_{3j} = \tilde{M}_{3j}^*$ – действующие силы и моменты.

При разгрузке:

$\tilde{q}_1 = \tilde{q}_1^* - \Delta \tilde{q}_1^{\text{разг}}$, $\tilde{q}_2 = \tilde{q}_2^* - \Delta \tilde{q}_2^{\text{разг}}$, $\tilde{q}_3 = \tilde{q}_3^* - \Delta \tilde{q}_3^{\text{разг}}$,
 $\tilde{F}_{1i} = \tilde{F}_{1i}^* - \Delta \tilde{F}_{1i}^{\text{разг}}$, $\tilde{F}_{2i} = \tilde{F}_{2i}^* - \Delta \tilde{F}_{2i}^{\text{разг}}$, $\tilde{F}_{3i} = \tilde{F}_{3i}^* - \Delta \tilde{F}_{3i}^{\text{разг}}$,
 $\tilde{M}_{1j} = \tilde{M}_{1j}^* - \Delta \tilde{M}_{1j}^{\text{разг}}$, $\tilde{M}_{2j} = \tilde{M}_{2j}^* - \Delta \tilde{M}_{2j}^{\text{разг}}$, $\tilde{M}_{3j} = \tilde{M}_{3j}^* - \Delta \tilde{M}_{3j}^{\text{разг}}$,
 где $\Delta \tilde{q}_1^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{q}_2^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{q}_3^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{F}_{1i}^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{F}_{2i}^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{F}_{3i}^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{M}_{1j}^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{M}_{2j}^{\text{разг}}$, $\Delta \tilde{M}_{3j}^{\text{разг}}$ – силы и моменты, вызывающие разгрузку конструкции.

После усиления стержневой системы (при повторном нагружении), внешние силы увеличиваются на величины $\Delta \tilde{q}_1^y$, $\Delta \tilde{q}_2^y$, $\Delta \tilde{q}_3^y$, $\Delta \tilde{F}_{1i}^y$, $\Delta \tilde{F}_{2i}^y$, $\Delta \tilde{F}_{3i}^y$, $\Delta \tilde{M}_{1j}^y$, $\Delta \tilde{M}_{2j}^y$, $\Delta \tilde{M}_{3j}^y$:

$$\tilde{q}_1 = \tilde{q}_1^* - \Delta \tilde{q}_1^{\text{разг}} + \Delta \tilde{q}_1^y, \tilde{q}_2 = \tilde{q}_2^* - \Delta \tilde{q}_2^{\text{разг}} + \Delta \tilde{q}_2^y, \tilde{q}_3 = \tilde{q}_3^* - \Delta \tilde{q}_3^{\text{разг}} + \Delta \tilde{q}_3^y,$$

$$\tilde{F}_{1i} = \tilde{F}_{1i}^* - \Delta \tilde{F}_{1i}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{F}_{1i}^y, \tilde{F}_{2i} = \tilde{F}_{2i}^* - \Delta \tilde{F}_{2i}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{F}_{2i}^y, \tilde{F}_{3i} = \tilde{F}_{3i}^* - \Delta \tilde{F}_{3i}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{F}_{3i}^y,$$

$$\tilde{M}_{1j} = \tilde{M}_{1j}^* - \Delta \tilde{M}_{1j}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{M}_{1j}^y, \tilde{M}_{2j} = \tilde{M}_{2j}^* - \Delta \tilde{M}_{2j}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{M}_{2j}^y, \tilde{M}_{3j} = \tilde{M}_{3j}^* - \Delta \tilde{M}_{3j}^{\text{разг}} + \Delta \tilde{M}_{3j}^y.$$

При решении задачи, значения коэффициентов E^* , G^* , α определяются в зависимости от величины ε_x , которая вычисляется в выбранных точках в стержневой системе итерационным методом. На первой итерации, полагается $E = E^*$, $G = G^*$, $\alpha = 1$ и определяются деформации ε_x , σ_x в выбранных точках. Затем по формулам (12) или (13) уточняется значение коэффициента α . При $\alpha = 1$ деформации в рассматриваемой точке являются упругими, а в случае $\alpha < 1$, деформации являются упругопластическими. Итерационный процесс завершается при выполнении условия $|\varepsilon_{\text{max}}^{(n)} - \varepsilon_{\text{max}}^{(n-1)}| / \varepsilon_{\text{max}}^{(n)} 100 \% \leq \Delta$, где Δ – заданная величина погрешности, $\varepsilon_{\text{max}}^{(n)}$, $\varepsilon_{\text{max}}^{(n-1)}$ – максимальные относительные деформации в точках элементов стержневой системы на двух последующих итерациях.

Приведем данные расчета вариационным методом усиленной в напряженном состоянии стальной балки, при $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_k = 1 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $\sigma_T = 240 \text{ МПа}$, $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $\Delta = 0,001$ (рис. 2). Балка (рис. 2,а) с поперечным сечением в виде стандартного двутавра № 33 (элемент 1, рис. 2,а) нагружалась распределенной нагрузкой $q^* = 34 \text{ кН/м}$. При этом в ней возникали пластические деформации. Затем в деформированном состоянии балка усиливалась. Ее поперечное сечение увеличивалось вдвое за счет присоединения к ней стандартного двутавра № 33 (элемент 2, рис. 2в).

Рассмотрено два случая усиления.

В первом случае балка нагружается распределенной нагрузкой $q^* = 34 \text{ кН/м}$ и перед усилением разгружается. Внешняя нагрузка уменьшается на величину $\Delta q_1^{\text{разг}} = 14 \text{ кН/м}$ и становится равной $q = 20 \text{ кН/м}$. После усиления распределенная нагрузка увеличивается, до первоначального значения $q = 34 \text{ кН/м}$ и одновременно, в точках А, В, С балки прикладываются три сосредоточенные силы $F = 20 \text{ кН}$ (рис. 2в).

Во втором случае балка усиливается при действии нагрузки $q^* = 34 \text{ кН/м}$ без разгрузки. Затем, после выполнения усиления, балка нагружается силами F .

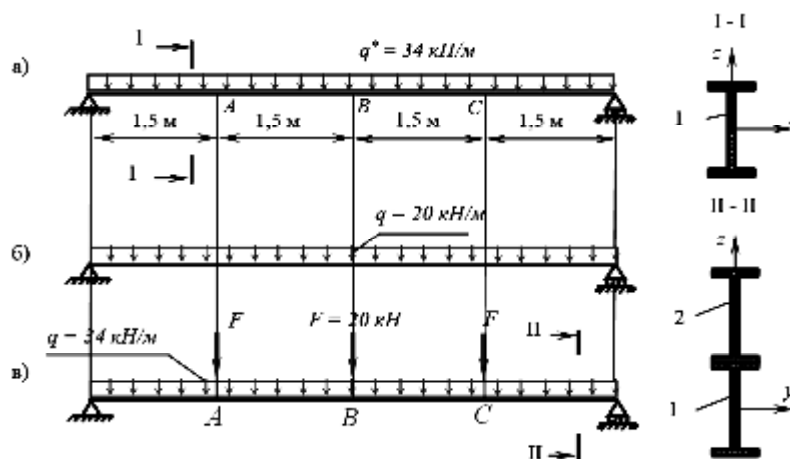


Рис. 2. Расчетная схема балки:

(а) – до усиления; (б) – после разгрузки; (в) – после усиления (иллюстрация авторов)

Результаты расчетов приведены в таблице и в виде эпюр нормальных напряжений в опасном сечении балки на рис. 3. Эти результаты показывают, что, как и в случаях усиления упругих стержневых систем [2, 3, 9], при возникновении пластических деформаций более эффективным является усиление с предварительной разгрузкой.

Таблица

Варианты усиления балки	Наибольший изгибающий момент			Наибольший прогиб $w_{\max}^y$, м	Размер зоны пластических деформаций $a_{пл}$, м
	в период усиления M_x^* , кНм	после разгрузки $M_x^{разг}$, кНм	после усиления M_x^y , кНм		
Усиление после предварительной разгрузки балки	153,3	90,3	214,5	0,0239	0,0152
Усиление балки, выполненное без разгрузки	153,3	–	213,4	0,0348	0,0605

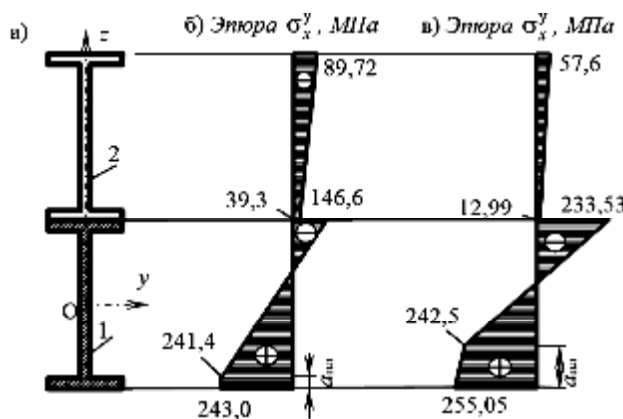


Рис. 3. Эпюры нормальных напряжений в сечении усиленной балки (а):
(б) – с учетом напряжений при разгрузке;
(в) – эпюра, полученная при усилении без предварительной разгрузки
(иллюстрация авторов)

Количественная оценка эффективности усиления получается на основе расчетов.

Для рассмотренного примера из представленных данных видно, что максимальный прогиб балки при усилении после предварительной разгрузки, на 31 % меньше, по сравнению прогибом при усилении без разгрузки. Сравнение эпюр напряжений, показывает, что в первом случае максимальный размер зоны пластических деформаций $a_{пл}$ значительно меньше. Также уменьшаются и величины нормальных напряжений. В частности, значение напряжения на грани основного сечения (с наращиваемой стороны балки), при её расчете с учетом разгрузки, получается на 37 % меньше.

Заключение

1. Предложен вариационный метод расчета усиливаемых в напряженном состоянии стержневых конструкций в случаях, когда деформации являются упругопластическими, а внешние силы изменяются в режиме нагружение – разгрузка – повторное нагружение.

2. Достоинства предложенного подхода заключаются в том, что можно по единой схеме проводить расчеты для стержневых конструкций из упрочняющегося и идеально упругопластического материала.

3. В случае усиления конструкций с учетом их предварительной разгрузки по сравнению со случаем, когда усиление производится без разгрузки, эффективность усиления существенно возрастает.

Список библиографических ссылок

1. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Надземные конструкции и сооружения / Харьковский Промстройинипроект, НИИЖБ. М., 1990. 352 с.
2. Кишиневская Е. В., Ватин Н. И., Кузнецов В. Д. Усиление строительных конструкций с использованием постнапряженного железобетона // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 29–32.
3. Serazutdinov M. N., Ubaydulloyev M. N. Method of calculation of strengthening of the loaded rod structures taking into account plastic deformations // Procedia Engineering. Vol. 150. 2016. P. 1741–1747.
4. Peng Gao, Xianglin Gu, Ayman S. Mosallam. Flexural behavior of preloaded reinforced concrete beams strengthened by prestressed CFRP laminates // Composite Structures. Vol. 157. 2016. P. 33–50.
5. Воробьев А. В., Фаизов И. Н. Проектирование усиления раскосной фермы // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2012. № 1. С. 162–167.
6. Шинкин В. Н. Остаточные напряжения в поперечном сечении круглого бруса при изгибе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3-1. С. 145–151.
7. Hyunjin Kim, Chongmin Kim, Frédéric Barlat, Erik Pavlina, Myoung-Gyu Lee. Nonlinear elastic behaviors of low and high strength steels in unloading and reloading // Materials Science and Engineering. Vol. 562. 2013. P. 161–171.
8. Семенов А. Н. Способ определения предельной нагрузки при растяжении и изгибе стержней // Машиностроение и инженерное образование. 2016. № 4. С. 57–60.
9. Martin Vild, Miroslav Bajer. Strengthening Under Load: The Effect of Preload Magnitudes // Procedia Engineering. Vol. 161. 2016. P. 343–348.
10. Тошин Д. С. Работа бетона при усилении конструкции под нагрузкой // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 3. С. 66–68.
11. Серазутдинов М. Н., Убайдуллоев М. Н. Вариационный метод расчета прямолинейных и криволинейных тонкостенных стержней. Казань : КНИТУ, 2016. 144 с.

Serazutdinov Murat Nurievich

doctor of physical and mathematical sciences, professor

E-mail: serazmn@mail.ru

Ubaidulloyev Madzhid Nasrievich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: madgidpwn@rambler.ru

Kazan National Research Technological University

The organization address: 420015, Russia, Kazan, K. Marks st., 68

Method of calculating the elastoplastic deformation of strengthened rod structures under different loading regimes

Problem statement. The purpose of the research is to develop a universal variational method for calculating the strengthened rod structures in cases when the deformations are elasto-plastic, external forces change in the loading-unloading-repeated loading mode, and changes in the structural design of the structure can be made when the force values are changed.

Results. The main calculated ratios for the three stages of changing the external load are presented. At the first stage, the elastoplastic deformations in the elements of the rod structure are determined, at the second stage, the stress-strain state of the structure after unloading is located, at the third stage the structure is calculated after repeated loading. With the use of these types of changes in the external load, all possible regimes of changing external forces can be used.

Relations are presented for the calculation of the elements of rod structures, amplified in a stressed state, taking into consideration the history of their loading and unloading.

The results of calculation of the steel beam strengthened in the stress-strain state by the proposed method are presented.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry are that it is possible to carry out calculations using a single scheme for rod structures from hardening and ideally elastoplastic material, taking into consideration the load history and changes introduced into the calculations scheme when the structure is strengthened.

The results of calculations showed that when strengthening structures by the method of their preliminary unloading, the amplification efficiency is obtained substantially more than in the case when the amplification is performed without unloading.

Keywords: rod structures, reinforced material, strengthening, unloading, permanent deformation, repeated loading, variation method.

References

1. Recommendations on designing reinforcement of reinforced concrete structures of buildings and structures of the reconstructed enterprises. Overhead structures and facilities / Kharkov Promstroyniiprojekt, NIIZhB. M., 1990. 352 p.
2. Kishinevskaya Ye. V., Vatin N. I., Kuznetsov V. D. Strengthening of building structures using post-stressed reinforced concrete // Injenerno-stroitelny jurnal. 2009. № 3. P. 29–32.
3. Serazutdinov M. N., Ubaydulloyev M. N. Method of calculation of strengthening of the loaded rod structures taking into account plastic deformations // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1741–1747.
4. Peng Gao, Xianglin Gu, Ayman S. Mosallam. Flexural behavior of preloaded reinforced concrete beams strengthened by prestressed CFRP laminates // Composite Structures. Vol. 157. 2016. P. 33–50.
5. Vorobyev A. V., Faizov I. N. Designing the strengthening of a diagonal truss // Vestnik PNIPU. Stroitelstvo i arhitektura. 2012. № 1. P. 162–167.
6. Shinkin V. N. Residual stresses in the cross-section of the round bar during bending // Actual problems of the humanities and natural sciences. 2016. № 3-1. P. 145–151.
7. Hyunjin Kim, Chongmin Kim, Frédéric Barlat, Erik Pavlina, Myoung-Gyu Lee. Nonlinear elastic behaviors of low and high strength steels in unloading and reloading // Materials Science and Engineering. Vol. 562. 2013. P. 161–171.
8. Semenenko A. N. Method for determining the ultimate load during tension and bending of rods // Mashinostroenie i ingenernoe obrazovanie. 2016. № 4. P. 57–60.
9. Martin Vild, Miroslav Bajer. Strengthening Under Load: The Effect of Preload Magnitudes // Procedia Engineering. Vol. 161. 2016. P. 343–348.
10. Toshin D. S. The work of concrete with the reinforcement of the structure under load // Akademicheskij vestnik UralNIIProyekt RAASN. 2015. № 3. P. 66–68.
11. Serazutdinov M. N., Ubaydulloyev M. N. Variational method for calculating rectilinear and curvilinear thin-walled rods. Kazan : KNRTU. 2016. 144 p.

**ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В НАУЧНОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАЗАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Статья должна быть набрана в программе Microsoft Word (версия не ранее MS Word 97). Файл, названный именем автора статьи, представить с расширением RTF.

Параметры страницы:

- размер страницы – 297×210 мм (формат А4);
- поля: сверху – 20 мм, снизу – 20 мм, слева – 30 мм, справа – 30 мм;
- ориентация страницы – книжная.

Параметры форматирования текста:

- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 11 пт;
- абзацный отступ – 10 мм (не задавать пробелами);
- выравнивание – по ширине;
- заголовки полужирным шрифтом, с выравниванием по центру;
- междустрочный интервал – одинарный.

При наборе статьи исключить автоматический перенос слов. Запрещено уплотнение интервалов шрифта.

Объем публикации – не менее 5 полных страниц и не более 10 страниц самого текста. Иллюстративный материал не должен перегружать статью (не более 4 рис.).

Таблицы создать средствами Microsoft Word и присвоить им имена: Таблица 1, Таблица 2 и т.д. Название таблицы с порядковым номером (или номер таблицы без названия) располагается над таблицей. Текст таблицы должен быть набран шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом.

Иллюстрации представить в основных графических форматах (tif, jpg, bmp, gif) с именами Рис. 1, Рис. 2 и т.д. Все объекты должны быть черно-белыми (градации серого), четкого качества. Выравнивание – по центру. Рекомендуемое разрешение – 300 dpi. Названия иллюстраций и подписи к ним набираются шрифтом размером 10 пт с одинарным междустрочным интервалом. **Не допускается** выполнение рисунков в редакторе Microsoft Word. Минимальный размер иллюстраций – 80×80 мм, максимальный – 170×240 мм.

Все формулы и символы набирать только в Microsoft Word. Для набора тех формул, которые невозможно набрать в Word, использовать встроенный в Microsoft Word редактор формул Microsoft Equation или Math Type. Формулы в статье, подтверждающие физическую суть исследования (процесса), представляются без развернутых математических преобразований. Формулы компонуются с учетом вышеуказанных полей (при необходимости использовать перенос формулы на следующую строку), помещаются по центру строки, в конце которой в круглых скобках ставится порядковый номер формулы (формулы и их порядковые номера – в таблицах с невидимыми границами). Ссылку на номер формулы в тексте также следует брать в круглые скобки. Следует применять физические величины, соответствующие стандарту СТ СЭВ 1052-78 (СН 528-80).

Иллюстрации, формулы, таблицы и ссылки на цитированные источники, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте. При этом, ссылка на литературные источники берётся в квадратные скобки.

Уникальность текста статьи должна составлять не менее 75 %.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 691.33

Иванов Иван Иванович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ivanov@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

разделительный интервал

Современные строительные материалы

разделительный интервал

Аннотация

Текст аннотации (15-20 строк)

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, карбамидные пенопласты, модификация.

разделительный интервал

Текст статьи

разделительный интервал

Список библиографических ссылок

разделительный интервал

Ivanov Ivan Ivanovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ivanov@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

разделительный интервал

Modern building material

разделительный интервал

Abstract

Текст abstract (15-20 строк)

Keywords: thermal insulating materials, of carbamide foams, updating.
разделительный интервал

References

*Перечень ссылок, переведённый на английский язык (названия издательств, журналов и фамилии не переводить – писать в латинской транскрипции).

Перечень библиографических ссылок обязателен!

Библиографические ссылки представить в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры:

1. Благовещенский Ф. А., Букина Е. Ф. Архитектурные конструкции. М. : Архитектура-С, 2011. 232 с.
2. Строганов В. Ф., Сагадеев Е. В. Введение в биоповреждение строительных материалов. Казань, 2015. С. 156–161.
3. Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р., Гайфуллин А. Р., Морозов В. П. Дегидратация глин различного минерального состава при прокаливании // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 388–394.
4. Тезисы докладов : сб. научных трудов 68-й Всероссийской научной конференции, Казань, 2016. 357 с.
5. Абдрахманова Л. А., Ашрапов А. Х., Низамов Р. К., Хозин В. Г. Структурные факторы деформирования и разрушения нанокмпозитов на основе поливинилхлорида : сб. ст. VIII академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции / КГАСУ. Казань, 2014. С. 8–11.
6. Способ изготовления стальной опоры многогранного сечения : пат. 2556603 Рос. Федерация. № 2014121172/03 ; заявл. 26.05.14 ; опубл. 10.07.15, Бюл. № 19. 5 с.
7. Доклад начальника Главного управления по делам печати Н. Татищева министру внутренних дел, 1913 г. // РГИА, Ф. 785. Оп. 1. Д. 188. Л. 307.
8. Гущин Б. П. Журнальный ключ : статья // ПФА РАН. Ф. 900. Оп. 1. Ед. хр. 23. 5 л.
9. Теория машин // PROGNOSIS.RU : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: <http://www.prognosis.ru/logos.html> (дата обращения: 02.12.2016).

Примеры перевода перечня ссылок на английский язык:

1. Blagoveshchenskiy F. A., Bukina Ye. F. Architectural construction. M. : Architectura-C, 2011. 232 p.
2. Stroganov V. F., Sagadeyev Ye. V. Introduction to biodamage of building materials. Kazan, 2015. P. 156–161.
3. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R., Gayfullin A. R., Morozov V. P. Dehydration of clay of different mineral composition on ignition // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 388–394.
4. Theses of reports : proceedings of the 68th All-Russian scientific conference, Kazan, 2016. 357 p.
5. Abdrakhmanova L. A., Ashrapov A. Kh., Nizamov R. K., Khozin V. G. Structural factors of deformation and destruction of nanocomposites based on polyvinylchloride : dig. of art. VIII academic readings of RAACS – International scientific-technical conference / KGASU. Kazan, 2014. P. 8–11.
6. A method of making steel support of multi-faceted cross-section : patent 2556603 of the Rus. Federation. № 2014121172/03 ; decl. 26.05.2014; publ. 10.07.2015. Bull. in № 19. 5 p.
7. Report of chief of Central administrative of the Press N. Tatischev to the Minister of Internal Affairs, 1913 y. // RGIA, F. 785. Op. 1. D. 188. L. 307.
8. Guschin B. P. Journal key : article // PFA RAS. F. 900. Op. 1. St. un. 23. 5 sh.
9. Theory of machines // PROGNOSIS.RU : daily. internet-edit. 2010. URL: <http://www.prognosis.ru/logos.html> (reference date: 02.12.2016).

В список библиографических ссылок вносятся только опубликованные работы.

Название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким. Аннотация (1 абзац от 500 до 1000 знаков с пробелами) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для самостоятельного опубликования.

В разделе «Введение» рекомендуется указать нерешенные ранее вопросы, сформулировать и обосновать цель работы и, если необходимо, рассмотреть ее связь с важными научными и практическими направлениями. Могут присутствовать ссылки на публикации последних лет в данной области, включая зарубежных авторов.

Основная часть статьи должна подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными. Основная часть статьи должна делиться на подразделы (с разъяснительными заголовками) и содержать анализ последних публикаций, посвященных решению вопросов, относящихся к данным подразделам.

В разделе **«Заключение»** должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Язык публикации: русский или английский.

Подробные требования размещены на сайте журнала!

Если статья была или будет направлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции. Ранее опубликованные статьи к рассмотрению не принимаются.

От авторов в редакцию журнала предоставляются следующие материалы:

- Два экземпляра статьи в четко распечатанном виде;
- Электронный вариант (Электронная версия статьи должна соответствовать варианту на бумажном носителе);
- Две рецензии (соответствующего уровня) от двух независимых организаций;
- Экспертное заключение о возможности опубликования, оформленное в организации, откуда исходит рукопись;
- Сопроводительное письмо в предлагаемой форме (см. сайт).

Материалы к публикации вложить в полиэтиленовый файл.

Датой поступления статьи считается день представления последнего из вышеуказанных материалов.

Представленные авторами научные статьи направляются на независимое закрытое рецензирование специалистам по профилю исследования, членам редакционной коллегии. Основными критериями целесообразности публикации являются новизна полученных результатов, их практическая значимость, информативность. В случае, когда по рекомендации рецензента статья возвращается на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее доработанного варианта. К доработанной статье в обязательном порядке прикладываются ответы на все замечания рецензента. Статьи, получившие отрицательные заключения рецензентов и не соответствующие указанным требованиям, решением редакционной коллегии журнала не публикуются и не возвращаются (почтовой пересылкой). Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей с сохранением авторского варианта научного содержания.

Журнал «Известия КГАСУ» выходит 4 раза в год, тиражом 500 экз. Журнал является подписным изданием и включен в общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ», индекс издания – 36939.

Авторы, являющиеся членами редколлегии и (или) подписчиками журнала, имеют преимущественное право на опубликование своих статей.

СТАТЬИ ПУБЛИКУЮТСЯ БЕСПЛАТНО.

Научная статья в полном объеме будет также размещена на официальном сайте «Известия КГАСУ» – электронном научном издании (ЭНИ) <http://izvestija.kgasu.ru/> (Свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС 77-31046 от 25.01.2008).

Все материалы направлять по адресу: 420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1, ОПИР, комн. 79. Телефон (843) 510-46-39, 236-26-88 (тел./факс). E-mail: patent@kgasu.ru.

Банковские реквизиты:

КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1

ИНН 1655018025 КПП 165501001

Сч. 40501810292052000002

в ГРКЦ НБ РТ Банка России г. Казань

БИК 049205001

Л/с 20116X06860

Указать назначение платежа: Код дохода: 000000000000000000130 реализация изд. деэт-ти.

Известия КГАСУ
2018 г., № 4 (46)

Гл. редактор: Низамов Р.К.
Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»

Макет и редактирование: Бибикина А.Р.

Адрес редакции: 420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1
Тел. для справок: (843) 510-46-39

Журнал зарегистрирован: Регистр. ПИ № ФС77-25136
Электронное периодическое издание: <http://izvestija.kgasu.ru> Регистр. Эл № ФС 77-31046
Федеральная служба
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия.
Индекс издания – 36939
Общероссийский каталог ОАО Агентства «РОСПЕЧАТЬ»

Подп. к печати 25.12.2018

Заказ 366

Усл.-печ. л. 46,9

Формат 60×84/8

Бумага тип. № 1

Уч.-изд. л. 47,4

Тираж 500 экз.

I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1