ISSN 2073-1523

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, АРХИТЕКТУРЫ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РТ

Известия КГАСУ
2018 г., № 2 (44)

ББК 38
И 33
УДК 69

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Гагарин В.Г., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. РААСН;
Есаулов Г.В., д-р арх., проф., академик РААСН;
Ильичев В.А., д-р техн. наук, проф., первый вице-президент РААСН;
Каюмов Р.А., д-р физ.-мат. наук, проф.;
Королев Е.В., д-р техн. наук, проф.;
Мирсаяпов И.Т., д-р техн. наук, проф.;
Строганов В.Ф., д-р хим. наук, проф., почетный член РААСН;
Сулейманов А.М., д-р техн. наук, проф. чл.-корр. АН РТ;
Хозин В.Г., д-р техн. наук, проф.;
Яковлев Г.И., д-р техн. наук, проф.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Фиговский О.Л., д-р техн. наук, проф., член Европейской АН, иностранный член РААСН (Израиль);
Фишер Х.-Б., доктор-инженер (Германия);
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

© Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2018

ISSN 2073-1523

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE 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, № 2 (44)

BBC 38
I 33
UDC 69

Editor-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT Nizamov R.K.
Deputy Editors-in-Chief: Dr. tech. sci., prof. Sadykov R.A.

EDITORIAL BOARD:

Gagarin V.G., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. of RAACS;
Esaulov G.V., Dr. arch. sci., prof., member of the Academy of RAACS;
Ilichev V.A., Dr. tech. sci., prof., First Vice President of RAACS;
Kayumov R.A., Dr. phys-mat. sci., prof.;
Korolev E.V., Dr. tech. sci., prof.;
Mirsayapov I.T., Dr. tech. sci., prof.;
Stroganov V.F., Dr. chem. sci., prof., honorary m. of RAACS;
Suleimanov A.M., Dr. tech. sci., prof. corr.-m. AS RT;
Khozin V.G., Dr. tech. sci., prof.;
Iakovlev G.I., Dr. tech. sci., prof.

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD:

Figovskiy O.L., Dr. tech. sci., prof., member of EAS, foreign member of RAACS (Israel);
Fischer H.-B., Dr.-Ing (Germany);
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

© News of the Kazan State University of Architecture and Engineering, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Айдарова-Волкова Г.Н., Айдаров Р.С. Деревянная архитектура прибрежных территорий Казани рубежа Х1Х-ХХ веков	7
Кулеева Л.М., Мингазова А.И. Городские особняки Казани середины XIX-начала XX вв.	15
Кулеева Л.М., Одинцова Ю.Л. Развитие идей устойчивого творчества в проектной деятельности в 20 веке	22
Хабибулина А.Г., Иванова Е.Ю. Пространственные покрытия с использованием распорных систем кладочной структуры	30
Хасанов Р.Р., Киносьян Н.С. Принципы архитектурно-градостроительной организации устойчивых городских набережных	38
АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Буштец Д.В., Забрускова М.Ю. Реновация бывших промышленных территорий и объектов срединной зоны в общественные пространства	47
Еникеева Л.М., Чичканова В.Ю., Прокофьев Е.И. Урбанизированная ландшафтная архитектура в формообразовании современного города	56
Зубкова Я.О., Фахрутдинова И.А. Способы сокращения энергопотребления в архитектуре современных спортивных центров	67
Каримова Л.И., Денисенко Е.В. Применение принципов ресурсосбережения при строительстве архитектурных объектов на водном каркасе	78
Савельев В.Г., Хафизов Р.Р. Устойчивость в архитектуре современных медицинских комплексов	88
Тукмакова М.И. Архитектура закрытых креативных пространств: типология и функциональная структура	98
Шинкарёв А.Н., Прокофьев Е.И. Принципы пространственной организации диагностического блока (ДБ)	107
ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО, ПЛАНИРОВКА СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	
Бикташев А.И., Коломина А.И., Краснобаев И.В. Проблематика прирельсовых территорий городов и подходы к их архитектурному преобразованию	117
Самсонова А.А., Кошкин Д.Ф. Визуальная трансформация пространственной среды города на основе свойств отражающих поверхностей	129
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	
Борисова Т.А., Зиннуров Т.А., Куклин А.Н. Исследование влияния температурного воздействия на работу стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях	136
Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. Численные исследования самонапряжения сталежелезобетонной балки	145
Миронова Ю.В. Сдвиговая податливость стыков монолитных железобетонных колонн и перекрытий при сейсмических воздействиях с учетом фактора времени	154
Отришко М.В. Методика определения несущей способности сборных силовых покрытий с пазогребневыми зацеплениями	162
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ	
Бройда В.А., Сафиуллин Ф.Ф. Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик стабилизатора расхода вентиляционного воздуха	170
Сапрыкина Н.Ю. Исследование факторов, влияющих на работу грунтовых тепловых насосов при длительных сроках эксплуатации	177
Соломин И.Н., Даминов А.З., Садыков Р.А. Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения	184
ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	
Бусарев А.В., Шешегова И.Г., Степанов В.О. Некоторые аспекты очистки стоков, образующихся при промывке скорых фильтров	193
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	
Лупанов А.П., Суханов А.С., Силкин В.В., Козиков И.О., Ильина О.Н. Исследование влияния асфальтового гранулята на свойства литого асфальтобетона	201
Фомин А.Ю., Кайс А.А. Литой серный бетон на основе асфальтогранулята	208
ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА	
Ахмадиев Ф.Г., Маланичев И.В. Популяционные алгоритмы структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании	215

Галимзянова М.И., Богданов А.Н. Технико-экономическое сравнение вариантов возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий	224
Медяник Ю.В. Классификация и анализ дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий	231
Мудров А.Г. Снижение пиковых нагрузок при пуске механизма подъема груза в кранах	239
Мухаметрахимов Р.Х., Панченко А.А. Особенности технологии изготовления, монтажа и контроля качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции	246
Фаррахова Е.О., Ибрагимов Р.А. Разработка эффективных энергосберегающих стеновых блоков из пенополистиролбетона	255
Фаррахова Е.О., Ибрагимов Р.А., Имайкин Д.Г. Технология возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона	263
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	
Габдуллин Т.Р. Совершенствование способа нанесения сплошной линии дорожной разметки	273
Таймаров М.А., Лавирко Ю.В., Садыков Р.А., Валиуллин Б.Р. Разработка конструкций новых типов шпал для высокоскоростных поездов типа «САПСАН»	281
СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА	
Каюмов Р.А., Кашафдинова А.Ф. Методика описания процесса деградации бетонных конструкций под влиянием солевой коррозии	288
Правила представления материалов для публикации в научном журнале «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета»	296

CONTENTS

ARCHITECTURE THEORY AND HISTORY, HISTORICAL AND ARCHITECTURAL HERITAGE RESTORATION AND RECONSTRUCTION	
Aidarova-Volkova G.N., Aidarov R.S. Wooden architecture of the coastal areas of Kazan at the turn of the 19-20th centuries	7
Kuleeva L.M., Mingazova A.I. Urban mansions of Kazan in the middle of XIX-beginning of XX centuries	15
Kuleeva L.M., Odintsova Y.L. A sustainable approach to the formation of the interior space	22
Khabibulina A.G., Ivanova E.Y. Spatial coverage with the use of thrust systems masonry structures	30
Khasanov R.R., Kinosyan N.S. Principles for architectural and urban planning organization of sustainable urban waterfronts	38
HOUSES ARCHITECTURE. THE CREATIVE CONCEPT OF ARCHITECTURAL ACTIVITIES	
Bustets D.V., Zabruskova M.Y. Renovation of former industrial territories and objects of the middle zone into public spaces	47
Enikeeva L.M., Chichkanova V.Y., Prokofev E.I. Urbanized landscape architecture in the formation of a modern city	56
Zubkova Y.O., Fakhrutdinova I.A. Ways to reduce energy consumption in the architecture of modern sports centers	67
Karimova L.I., Denisenko E.V. Application of the principles of resource-saving in the construction of architectural structures on the water frame	78
Savelyev V.G., Hafizov R.R. Sustainability in the architecture of modern medical complexes	88
Tukmakova M.I. The architecture of closed creative spaces: typology and functional structure	98
Shinkarev A.N., Prokofiev E.I. Principles of the spatial organization of the diagnostic block (DB)	107
URBAN DEVELOPMENT, RURAL SETTLEMENTS PLANNING	
Biktashev A.I., Kolomina A.I., Krasnobaev I.V. Problems of railway areas in cities and approaches to their architectural transformation	117
Samsonova A.A., Koshkin D.F. Visual transformation of the objectively spatial environment of the city on the basis of the properties of reflecting surfaces	129
BUILDING STRUCTURES, HOUSES	
Borisova T.A., Zinnurov T.A., Kuklin A.N. Investigation of the influence of temperature impact on the work of fiberglass reinforcement in concrete structures	136
Zamaliev F.S., Bikkinin E.G. Numerical studies of self-stressing of composite beams	145
Mironova J.V. Shear yielding of the joints in monolithic reinforced concrete columns and beams under seismic loading taking into account the time factor	154
Otrishko M.V. Method for determining the bearing capacity of prefabricated power coverings with grasping gears	162
HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING, GAS SUPPLY AND LIGHTING	
Broyda V.A., Safiullin F.F. Experimental study of aerodynamic characteristics of ventilation air flow stabilizer	170
Saprykina N.Y. Investigation of factors affecting the operation of ground heat pumps for long periods of operation	177
Solomin I.N., Daminov A.Z., Sadykov R.A. Optimization of operation modes and parameters of centralized district heating systems	184
WATER SUPPLY, SEWERAGE, WATER CONSERVATION CONSTRUCTION	
Busarev A.V., Sheshegova I.G., Stepanov V.O. Some aspects of wastewater treatment, formed during the washing of fast filters	193
BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS	
Lupanov A.P., Sukhanov A.S., Silkin V.V., Kozikov I.O., Ilina O.N. Investigation of the influence of asphalt granulate on the properties of cast asphalt concrete	201
Fomin A.Y., Qais A.A. Cast sulfuric concrete based on asphalt granulate	208
CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND ORGANIZATION	
Akhmadiev F.G., Malanichev I.V. Population-based algorithms of structural and parametric optimization in construction design	215
Galimzyanova M.I., Bogdanov A.N. Technical and economic comparison of options of erection of the protecting designs of walls of low-rise residential buildings	224
Medyanik Y.V. Classification and analysis of defects and damages of plaster coatings of building facades	231
Mudrov A.G. Reduction of peak loads when starting the mechanism of lifting the load in the cranes	239
Mukhametrakhimov R.H., Panchenko A.A. Features of technology of installation and quality control of pipelines with polyfoam polyethylene insulation	246
Farrakhova E.O., Ibragimov R.A. The development of energy-efficient wall blocks made of expanded polystyrene concrete	255

Farrakhova E.O., Ibragimov R.A., Imaykin D.G. The technology of construction of monolithic building envelope of polystyrene concrete	263
ROADS, SUBWAYS, AIRPORTS, BRIDGES AND TUNNELS DESIGN AND CONSTRUCTION	
Gabdullin T.R. On the issue of improving road marking methods	273
Taimarov M.A., Lavirko Y.V., Sadykov R.A., Valiullin B.R. Development of structures of new type of sleepers for high-speed trains of «SAPSAN» type	281
CONSTRUCTION MECHANICS	
Kayumov R.A., Kashafdinova A.F. Method of describing the degradation process of concrete constructions under the influence of salt corrosion	288
Rules of representation of materials for the publication in scientific journal «Kazan State University of Architecture and Engineering news»	296

УДК 72.03
Айдарова-Волкова Галина Николаевна
доктор архитектуры, профессор
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Айдаров Равиль Сайярович
кандидат архитектуры, профессор
E-mail: ravilaidarov@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Деревянная архитектура прибрежных территорий Казани рубежа XIX-XX веков

Аннотация

Постановка задачи. Задача заключается в выявлении характерных признаков и типологических особенностей деревянной архитектуры прибрежных территорий Казани рубежа XIX-XX веков.

Результаты. В архитектуре прибрежных территорий Волги и Казанки преобладали производственно-складские и транспортные типы сооружений; на берегах Булака, Кабана, Черного озера – строения общественно-рекреационного назначения. Деревянная, преимущественно профессиональная архитектура представляла собой разнообразные типы временных и стационарных строений межсезонного использования. Стилистика архитектурных решений основывалась на применении каркасно-щитовых конструкций с ограниченным включением упрощенного эклектичного декора.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры заключается в методике анализа деревянной застройки прибрежных территорий крупного исторического города Поволжья на примере г. Казани, а также в архитектурном описании объектов и выявлении типологических признаков сооружений, расположенных в различных морфологических зонах.

Ключевые слова: деревянная архитектура, застройка прибрежных территорий, морфологические зоны, типы деревянных строений.

Введение

Архитектурная среда прибрежных территорий – востребованный ресурс развития исторических городов, включающий возможности их интеграции в систему общественных пространств. В связи с этим важно обратить особое внимание на исторический аспект их формирования с целью сохранения преемственности наиболее устойчивых морфологических признаков и изучения архитектурных особенностей деревянной застройки. Деревянная архитектура в последние десятилетия привлекает особое внимание ученых и общественности в связи с проблемой сохранения идентичности исторических городов, а также в связи с ее высоким туристическим потенциалом [1]. Все в большей степени становится востребован опыт деревянной архитектуры в связи с экологизацией и гуманизацией архитектурной среды крупнейших городов [2-4].

Цель статьи выявить характерные признаки и типологические особенности деревянной архитектуры прибрежных территорий Казани рубежа XIX-XX веков.

Проблема исследования прибрежных территорий

Исследование исторически сложившихся прибрежных территорий с деревянной застройкой пока недостаточно привлекало внимание исследователей. В связи с этим есть определенные терминологические трудности. Определение «прибрежная территория» в градостроительном и кодексе РФ отсутствует, существует сложность в определении границ прибрежных территорий. В географических исследованиях термины «прибрежные территории» и «прибрежные зоны» не включают понятие об их планировке и застройке [5]. Проблема исследования прибрежных территорий была поставлена Т.Ф. Саваренской в 1960-е годы. В трудах, посвященных изучению крупных европейских городов, расположенных у рек, ею введены термины «прибрежные территории»,

«береговые территории», «береговые участки», «прибрежная полоса» «береговая застройка», «речной фасад», некоторые из них использованы в данной работе [6]. Различные аспекты архитектурного формирования прибрежных территорий затрагивались в трудах других исследователей. Изучению приречных малых исторических городов посвящена работа Ф.М. Мансуровой [7], силуэтные особенности архитектуры приречных городов исследовала Т.С. Чудинова [8]. Вместе с тем вопросы, связанные с формированием деревянной архитектуры береговых территорий крупнейших исторических городов недостаточно разработаны. В частности, деревянная архитектура прибрежных территорий Казани, исторически сформировавшаяся к рубежу XIX-XX веков, с научной точки зрения специально не описана.

Под термином «прибрежные территории» мы понимаем территории, морфологически и планировочно-функционально связанные с водной акваторией, а под береговыми территориями – территории, непосредственно примыкающие к береговой полосе. На основе анализа картографических, архивных, иконографических, натурных источников рассмотрены прибрежные территории одного из крупнейших исторических городов Поволжья рубежа XIX-XX веков.

В Казани во второй половине XIX-начале XX веков профессиональная деревянная архитектура составляла 70 % застройки и оказывала значительное влияние на формирование облика крупного губернского города, его речных фасадов, сформированных деревянной береговой застройкой. Деревянными были не только жилые, но и разнообразные общественные и культовые здания: мечети, церкви, общественные бани, больницы, учебные заведения, вокзалы, фотосалоны, выставочные комплексы, садово-парковые павильоны, театр, синематограф, цирк, рестораны, торговые лавки и ярмарочные балаганы, трамвайные павильоны, трактиры [9].

Морфологические зоны в структуре исторического ландшафта Казани

Особенностью исторического ландшафта Казани является его сложная топография, включающая множество приречных и приозерных территорий, которые исторически формировались как промыслово-хозяйственные, производственно-промышленные и транспортно-складские. Отдельные части города различались характером рельефа, планировкой и застройкой, образуя семь морфологических зон: Прикремлевская, Арская, Проломная, Суконная, Забулачная, Закабанная, Заречная. Все они имели береговые территории. Акватории исторически сформировались вокруг Кремлевского холма в виде огибающего его с северной стороны русла Казанки, в которую с западной стороны впадали речка (протока) Булак и ее приток Ичка. С восточной стороны прибрежная территория Казанки включала цепь озер: Поганое, Черное, Банное. За Булаком начиналась прибрежная территория Волги, где было множество безымянных озер. Все водоемы Казани можно разделить на три группы: крупные речные, имеющие внешние связи: Волга, Казанка; внутригородские: речка Булак, озеро Нижний Кабан, Черное озеро. Мелкие водоемы, отчасти утраченные и уже не существовавшие в исследуемый период: река Ичка, мелкие озера Прилуцкое, Поганое, Банное и др. не имели оформленных застройкой берегов. Берег Волги входил в Закабанную и Забулачную морфологические зоны и был отдален от городской черты, заливными лугами, постепенно засыпавшимися и застраивавшимися. Все водоемы соединялись водными видами транспорта: лодки, баркасы, паромы, пароходы и др. Во всех частях города (морфологических зонах) были свои деревянные пристани.

Прикремлевская морфологическая зона. В исследуемый период была заселена казанской аристократией, а также чиновниками, духовенством, разночинцами. На территории восточнее кремля прибрежная территория Казанки, изрезанная живописными оврагами, была почти сплошь застроена деревянными домами городского типа (доходные, особняки). Береговая полоса была занята усадебными домами и лодочными причалами. Под кремлем на левом берегу Казанки находилась деревянная водяная мельница, а западнее – деревянная церквушка.

Озеро Черное – единственное сохранившееся здесь озеро. На северном берегу озера располагался деревянный цирк братьев Никитиных. Он представлял собой центричный многогранный объем из каркасно-щитовых конструкций, покрытый многоскатной

шатровой крышей с высоким флагштоком. Деревянная обшивка стен и входной узел были лишены декора. Лестницы, ведущие на верхние галереи цирка, располагались снаружи и оживляли облик здания. Прибрежные территории Казани рубежа XIX-XX веков использовались не только для производственно-хозяйственных, транспортно-складских, но и для общественно-рекреационного назначения. Особенно это характерно для береговых территорий казанских озер - Черное, Кабан. С южной стороны прибрежная территория включала Николаевский сад, где стоял деревянный ресторан, находились фонтан, клумбы, беседки и другие садово-парковые строения. Здесь в 1890 году располагалась научно-промышленная выставка в формах деревянной эклектичной архитектуры, включавшей многоколонные каркасно-щитовые павильоны, высокие шатры, парадные лестничные входы. Здесь же вблизи, на Николаевской площади в начале XX века стоял деревянный балаган – первый в Казани синематограф [10].

Заречная морфологическая зона. По правому берегу Казанки, против кремлевского холма находились слободы с многонациональным населением. Здесь же находилась Адмиралтейская слобода, известная со времен ханской Казани как Бишбалта. Возле нее тогда было небольшое озеро. За Казанкой располагалось еще шесть слобод: Пороховая, Кизическая, Гривка, Козья, Ягодная, Игумнова. Прибрежные территории почти сплошь были заняты деревянной усадебной застройкой. По правому берегу старого русла Казанки находился крупнейший промышленный район начала XX века – комплекс предприятий «Торгово-промышленного общества Алафузовских фабрик и заводов» с каменными и деревянными производственными строениями. Здесь были свои пристани каркасно-щитовой конструкции с простым архитектурным оформлением. Других деревянных строений общественного назначения на береговой полосе почти не было. В отдалении от нее по улице Большая стояли две деревянные мечети.

Арская морфологическая зона. За Арским полем начиналась территория, заселенная казанской аристократией – наиболее благоустроенная часть города. Высокий берег Казанки живописно спускался оврагами к береговой полосе. Городской парк «Русская Швейцария» был излюбленным местом общественных гуляний. Здесь в 1909 году располагался комплекс Международной выставки из 64 деревянных выставочных павильонов, театром, рестораном. В разнообразных формах эклектики и модерна на основе каркасно-щитовых конструкций были возведены крупные общественные здания, в которых проявились традиции народной и профессиональной архитектуры, а также авангардные черты рационального модерна. Береговая полоса отчасти была застроена усадебными домами, отчасти использовалась как пляжная зона отдыха.

Закабанная морфологическая зона, расположенная между левым берегом Кабана и берегом Волги, традиционно являлась местом расселения татарского купечества, мещан, духовенства, буржуазии. На протяжении ряда веков здесь сформировалось несколько татарских слобод (Старая, Новокрещенская, Мещанская, Новая). Здесь находились крупные промышленные предприятия (Свечной стеариновый и мыловаренный завод братьев Крестовниковых, Пивоваренный завод Петцольда). На рубеже XIX-XX веков здесь сложилась смешанная типология застройки. Деревянные жилые усадьбы занимали верхнюю часть береговой полосы. Нижняя формировалась деревянными строениями производственно-хозяйственного назначения: грузовые причалы, деревянные складские строения, а также строения общественного пользования: частные деревянные и общественные бани, купальни. По Нижнему, Среднему и Верхнему Кабану ходили пароходики, баркасы, плоты на берегах имелись лодочные причалы и пассажирские пристани. На левом берегу Нижнего Кабана стояла пассажирская пристань, оборудованная причалом, залом для пассажиров, обходной галереей, набережная была благоустроена деревянными мостками. Все строения возводились в каркасно-щитовых конструкциях. В зимнее время общественная жизнь на озере имела свои особенности: по озеру Кабан пролегал санный путь на Средний Кабан и Верхний Кабан, традиционным занятием жителей был подледный лов, в праздничные дни на льду устраивались кулачные бои.

Суконная морфологическая зона территориально граничила с правым берегом озера Нижний Кабан и была заселена этнически смешанными социальными слоями мещанского сословия. Здесь стояли каменные старообрядческие и православные церкви, а также одна мечеть, застройка прибрежной территории состояла из деревянных

усадебных домов с садами и огородами. Ботанический сад с деревянной садово-парковой архитектурой располагался на правом берегу озера Кабана, южнее Суконной слободы. Небольшие лодочные причалы, пляжи и купальни утопали в зеленых зарослях

Проломная морфологическая зона, граничащая с правым берегом Булака, не имела развитой береговой деревянной архитектуры, за исключением деревянного моста через Булак и лодочных пристаней. Деревянные торговые лобазы располагались в устье Булака на месте старинной ярмарки Ташаяк.

Забулачная морфологическая зона располагалась между берегом Волги и левым берегом речки Булак – проток, соединяющий озеро Кабан и р. Казанку.

Берега Булака, Нижнего Кабана и Черного озера были в окружении сплошной городской застройки. Речка Булак на рубеже XIX-XX веков была еще живым полноводным водоемом. Здесь проходили весенние ярмарки на баркасах, стояли временные деревянные лабазы. Рядом находилась Сенная площадь, застроенная деревянными торговыми павильонами простейшей деревянно-щитовой конструкции. С севера территория ограничивалась устьем Казанки. Специфика зоны состояла в смешанном русско-татарском населении и преобладающей торгово-транспортной функции. Здесь был своего рода пересадочный узел, объединявшие разные виды транспорта: железнодорожный вокзал, трамвайную линию, пристани Старая (Бакалда) и Новая в устье Казанки. Пароходство на Волге началось с 1820-х годов [11], но разные суда и плавсредства ходили от Казани до Астрахани и вверх по Волге с глубокой древности.

Главная улица на берегу Волги соединялась трамвайной линией со всеми частями города, была застроена деревянными жилыми, общественными и производственно-транспортными строениями. Все объекты строились по утвержденным проектам. Трактиры, гостиницы, торговые лавки строились из каркасно-щитовых и срубных конструкций. Деревянные двухэтажные гостиницы, трактиры строились на основе каркасно-щитовых и срубных конструкций, имели крыльца, высокие крыши с флагштоками, резные ставни, карнизы и причелины.

Стилистика архитектурных решений отличалась простотой и рациональностью (резной декор с элементами народной архитектуры).

Более декорированными были крупные общественные объекты, такие как пассажирские пристани. Архитектура речного вокзала Устьинской пристани (казенная пристань) выдержана в эклектичных формах, конструктивная основа содержит каркасно-щитовую конструкцию. Одноэтажное строение имеет по фасаду шесть окон. Главная ось акцентирована крупной стрельчатой аркой, расположенной над главным проходом для посадки и высадки пассажиров. Она поддержана с обеих сторон меньшими арками подковообразной формы. На плоской крыше, окруженной балюстрадой и четырьмя башенками, возвышается изящный бельведер, увенчанный высоким четырехдольным куполом с флагштоком. С двух сторон от главной арки расположены одноэтажные пассажирские залы. По их углам поставлены четырехгранные башни разной величины. Парапеты украшены резными зубчиками, а карнизы сталактитами. Эклектика оказалась вполне уместной в выражении облика значительного общественного сооружения, формирующего береговой фасад города. В зимнее время санный путь соединял город с противоположным берегом Волги. Ранней весной здесь собиралась вся Казань встречать ледоход и открытие навигации. По Волге плавали различные пассажирские и грузовые суда, в том числе своеобразные баржи с деревянными домиками, которые назывались беляны.

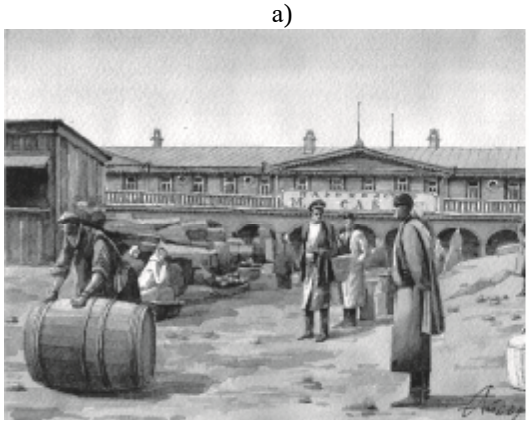
Типология застройки прибрежных и береговых территорий

Деревянная застройка различных прибрежных и береговых территорий имела свои морфологические и типологические особенности (рис.). Она вносила своеобразный колорит в облик волжского губернского города. Деревянная застройка отражала архитектурные тенденции своего времени, связанные с рациональным подходом. В зависимости от расположения в той или иной морфологической зоне и от социально-национального состава жителей различался типологический состав деревянных строений. И прибрежные и береговые территории отличались типами застройки в той мере, в какой внешние водоемы (Волга, Казанка) отличаются от внутренних водоемов (Кабан, Булак, Черное озеро). Типология застройки прибрежных и береговых территорий Волги и

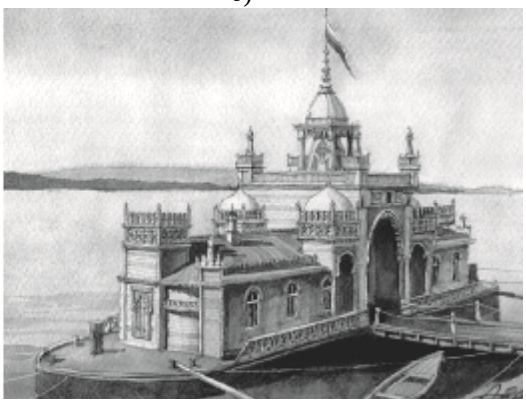
Казанки включала производственно-складские, транспортные и общественные строения: фабрики, складские зоны, мельницы, пересадочные узлы, причалы и пассажирские пристани, часовни, мечети, гостиницы, трактиры. В типологии прибрежных и береговых территорий внутренних водоемов характерно преобладание общественных функций.

а)

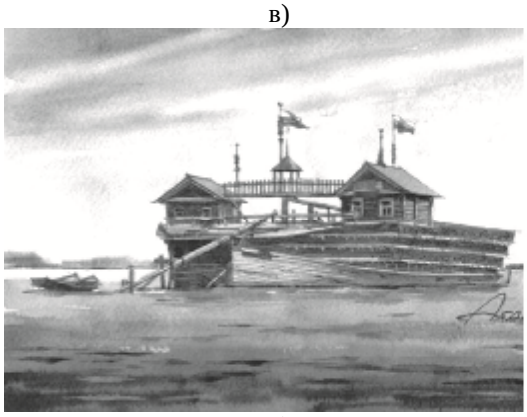
б)



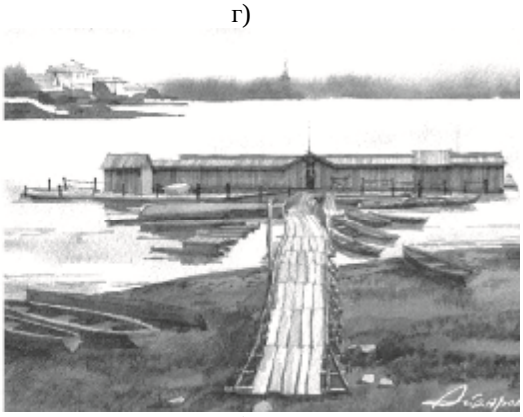
в)



г)



д)



е)

Рис. а) Береговая улица на волжской пристани; б) Цирк Никитиных на Черном озере; в) Пристань на Волге; г) Пассажирская казенная пристань; д) Беляна на Волге; е) Купальни на озере Кабан. Архитектурные акварели выполнены Р.С. Айдаровым

Так, для береговой зоны озера Нижний Кабан кроме жилой и общественной характерны производственно-складские строения. Объекты гражданской архитектуры включали: пассажирские пристани, бани, общественные купальни, а также усадебные жилые дома. Особенность использования прибрежной территории Черного озера заключалась в возникновении здесь крупных общественных зданиях (цирк, комплекс деревянных зданий научно-промышленной выставки, деревянный кинематограф, ресторан). Эволюционные преобразования крупных береговых территорий связаны с постепенным вытеснением хозяйственно-складских и производственных функций и превращением в городские общественно-рекреационные пространства. Характерны

разнообразные способы использования береговых зон с применением в застройке деревянных каркасно-щитовых конструкций конструкция и ограниченным использованием декоративных деталей. Все архитектурные строения создавались по утвержденным строительной комиссией проектам [12].

Заключение

Описаны типологические признаки застройки приречных и приозерных территорий Волги, Казанки, Булака, озера Нижний Кабан, Черного озера. Формирование приречных территорий было во многом связано с развитием внешних транспортных коммуникаций, пересадочных узлов (трамвай, железная дорога, водный транспорт), формированием производственно-складских комплексов, появлением функций общественного назначения. Для приозерных берегов характерно преобладание общественно-рекреационных функций. Использование деревянных конструкций давало возможность для быстрого восстановления прибрежных строений в периоды сезонных разливов и подтоплений. В облике города противопоставление верхней и нижней террасы с прибрежными территориями, застроенными объектами деревянной архитектуры создавали самобытный речной фасад Казани и впечатляющий колорит волжского губернского города.

Рекомендации

Современное проектирование прибрежных и береговых территория Казани следует проводить с учетом некоторых сложившихся приемов застройки:

- выделять морфологически и типологически границы прибрежных и береговых территорий;
- береговые территории целесообразно застраивать общественно-коммуникационными и рекреационными объектами с применением современных деревянных конструкций;
- из исторически сложившейся типологии для благоустройства приозерных береговых территорий можно использовать деревянное мощение и деревянные пирсы, беседки, организованные рекреационно-развлекательные площадки с применением деревянных конструкций;
- значительным потенциалом является возможность организации водного внутригородского прогулочного транспорта с организацией пассажирских пристаней на Казанке и озере Кабан и соответствующей инфраструктуры.

Список библиографических ссылок

1. Khodakovsky E., Skjold Lexau S. Historic Wooden Architecture in Europe and Russia. Basel : Birchauser Verlag GmbH, 2016. 364 p.
2. Гельфонд А. Л., Ахмедова Е. А. Архитектурное формирование общественных пространств волжских набережных (на примере Нижнего Новгорода и Самары) : Труды XVII Международного научно-промышленного форума «Великие реки» / Н. Новгород, 2015. С. 177–181.
3. Mihaila M. City Architecture as Cultural Ingredient // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. № 149. P. 565–569.
4. Rashid M. S. Understanding the Past for a Sustainable Future: Cultural mapping of Malay heritage // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. № 170. P. 10–17.
5. Кропинова Е. Г., Афанасьева Э. П. Устойчивое развитие прибрежных территорий как основа комплексного управления прибрежными зонами // Вестник балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. № 1. С 140–147.
6. Саваренская Т. Ф. Архитектурно-планировочные вопросы формирования прибрежных территорий в городах, расположенных у рек. М. : МАРХИ, 1954.
7. Мансурова Ф. М. Историко-теоретические предпосылки планировки и застройки городов Прикамья. М. : МАРХИ, 1981.
8. Чудинова Т. С. Формирование вертикальной композиции исторических центров приречных городов (на примере городов Поволжья) М. : МАРХИ, 1985.

9. Айдаров Р. С. Татарская деревянная усадьба в архитектурном пейзаже Казани второй половины XIX-начала XX веков // Проблемы дизайна. 2009. № 5. С. 272–283.
10. Балабанова Ю. П. Культурно-историческое наследие г. Казани: Черноозерский парк // Казанская наука. 2012. № 2. С. 13–21.
11. Айдарова Г. Н. Морфология архитектурного пространства Казани как процесс эволюционных преобразований и культурных влияний // Труды конгресса международного научно-промышленного форума «Великие реки» / Н. Новгород, 2011. С. 316–320.
12. Самолин В. А., Савельев В. П. Волжские путешествия. Казань : DYT, 2014. 126 с.

Aidarova-Volkova Galina Nikolaevna
doctor of architecture, professor
E-mail: aidagalnik@mail.ru
Aidarov Ravil Sayarovich
candidate of architecture, professor
E-mail: ravilaidarov@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Wooden architecture of the coastal areas of Kazan at the turn of the 19-20th centuries

Abstract

Problem statement. The task is to identify the specific characteristics and typological features of the wooden architecture of the coastal areas of Kazan at the turn of the 19-20th centuries.

Results. The architecture of the coastal areas of the Volga and Kazanka was dominated by manufacturing, warehouse and transport facilities; on the banks of Bulak, Caban, Black Lake – buildings of public and recreational purpose. The wooden, mainly professional architecture represented a variety of types of temporary and fixed buildings for inter-seasonal use. The style of architectural decisions was based on the use of frame-panel structures with limited inclusion of a simplified eclectic decor.

Conclusion. The significance of the results obtained lies in the methodology for analyzing the wooden development of the coastal areas of a large historical city of the Volga region, using the example of Kazan, as well as in the architectural description of objects and the identification of typological features of structures located in different morphological zones.

Keywords: wooden architecture, development of coastal territories, morphological zones, types of wooden structures.

References

1. Khodakovsky E., Skjold Lexau S. Historic Wooden Architecture in Europe and Russia. Basel : Birchauser Verlag GmbH, 2016. 364 p.
2. Gelfond A. L., Akhmedova E. A. Architectural formation of public spaces of the Volga embankments (on the example of Nizhny Novgorod and Samara) : dig. of art. XVII International scientific-industrial forum «Great Rivers» / N. Novgorod, 2015. P. 177–181.
3. Mihaila M. City Architecture as Cultural Ingredient // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2014. № 149. P. 565–569.
4. Rashid M. S. Understanding the Past for a Sustainable Future: Cultural mapping of Malay heritage // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. № 170. P. 10–17
5. Kropinova E. G., Afanasieva E. P. Sustainable development of coastal areas as a basis for integrated coastal zone management // Vestnik Baltiyskogo Federalnogo Universiteta im. I. Kanta. 2014. № 1. P. 140–147.
6. Savarenskaya T. F. Architectural and planning issues of formation of coastal territories in cities located near rivers. M. : MARHI, 1954.

7. Mansurova F. M. Historical and theoretical background for the planning and development of the cities of the Kama region. M. : MARHI, 1981.
8. Chudinova T. S. Formation of the vertical composition of the historical centers of riverine towns (on the example of the cities of the Volga region). M. : MARHI, 1985.
9. Aidarov R. S. Tatar wooden homestead in the architectural landscape of Kazan in the second half of the 19th-early 20th centuries // Problemy Dizaina. 2009. № 5. P. 272–283.
10. Balabanova Y. P. Cultural and historical heritage of Kazan: Chernoozersky Park // Kazanskaya Nauka. 2012. № 2. P. 13–21.
11. Aidarova G. N. Morphology of the architectural space of Kazan as a process of evolutionary transformations and cultural influences // dig. of art. of International scientific-industrial forum «Great Rivers» / N. Novgorod, 2011. P. 316–320.
12. Samolin V. A., Saveliev V. P. Volga travel. Kazan : DYT, 2014. 126 p.

УДК 72.036
Кулеева Ляйля Муратовна
профессор, кандидат архитектуры
E-mail: la_mur@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Мингазова Алия Ильдаровна
дизайнер-консультант
E-mail: witu009@gmail.com
Электроцентр
Адрес организации: 420124, Россия, г. Казань, ул. Чистопольская, д. 16/15

Городские особняки Казани середины XIX-начала XX вв.

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является проследить становление архитектуры и предметной среды городского особняка, как нового социального, функционально-планировочного и архитектурного объекта, сформированного с учетом традиций быта татарского народа и влиянием европейского стиля.

Результат. Выявлены изменения в городских особняках Казани, коснувшиеся, прежде всего, его функционально-предметного наполнения. Интерьер значительно обогатился за счет проникновения в быт предметов городской мебели и обихода.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении приемов проектирования городского татарского особняка под влиянием европейского стиля и национальных особенностей татарской архитектуры, которые могут лечь в основу проектирования при реконструкции татарского особняка.

Ключевые слова: городской особняк, городской дом, планировка, стиль.

Введение

В настоящее время в Республике Татарстан наблюдается подъем интереса к историческому прошлому и культурному наследию. Особый интерес вызывает тема формирование городского особняка в Казани середины XIX-начала XX вв. под влиянием европейского стиля и с учетом традиционного татарского уклада. К настоящему времени опубликовано немало трудов, в той или иной мере касающихся описания татарского жилища и татарского городского дома. История татарской культуры, интерьер и архитектура татарского дома представлены в исследованиях Воробьева Н.Н. [1], Воробьева Н.И. [2], Фукса К.Ф. [3] и других.

В рамках данной статьи рассматриваются вопросы традиционной функциональной-планировки татарского дома XVIII в. и функциональной-планировки нового типа «Городской особняк» XIX в. Влияние европейского стиля на формирование городского особняка. Взаимодействие европейского стиля с традиционным татарским укладом.

Формирование городского особняка

Жилая застройка татарских слобод отличалась разнообразием различных форм и типов жилищ. В XVIII-первой половине XIX вв. они характеризовались традиционной планировкой. Традиционный татарский дом складывался веками под влиянием религиозных, эстетических и культурных особенностей населения края. Организация внутренней планировки татарского городского дома обусловлена укладом жизни народа, ремеслами и обычаями. В это время в основном жилом помещении четырехстенника, шестистенников и пятистенных домов воспроизводилась традиционная планировка, которая была характерна для сельских домов (рис. 1). Справа или слева от входа в комнату стояла большая хлебопекарная печь. По линии печи была деревянная перегородка, отделявшая кухонную зону. По стенам ставили несколько сундуков, а в простенках вешали часы и зеркала. На печи лежит металлическая посуда, на стенах висят полотенца, национальная одежда, занавески, шамаил. В углу комнаты обычно стоит

чайный столик (табын) с фарфоровой посудой [4]. Отсутствие передвижной мебели, большое количество текстиля, пол и саке используются для бытовых функций особенность традиционного татарского интерьера (проект дома Чекмарева по улице Карла Маркса 1770-е годы, арх. Кафтырев В.И. рис. 2) [5].

Рис. 1. Интерьер парадной половины дома традиционной планировки

Рис. 2. Дом Чекмарева, арх. Кафтырев В.И.

В конце XIX-начале XX вв. в татарском городском доме появляется многокомнатная планировка, что было обусловлено рядом факторов. Во-первых, по мере роста благосостояния городских жителей размеры дома увеличивались, что позволяло менять их пространственную организацию. Многокомнатной планировке было характерно деление внутреннего пространства дома с помощью перегородок и внутренних стен. Во-вторых, такие дома имели несколько комнат различного функционального назначения, вследствие чего они требовали больше предметов обстановки, мебели, оборудования, подавляющая часть которых была промышленного производства [6].

Городской дом был обычно двухэтажным. Нижний этаж – для кладовых и подсобных помещений. Верхний этаж – жилая зона для хозяев дома. Дом состоит из разных комнат и представляет собой анфиладу прихожей, гостиной, кабинета, несколько спальных комнат, рабочий кабинет и детской комнаты. Европейский стиль в первую очередь оказал большее влияние на мужскую часть. В женской части дома медленнее происходили изменения под влиянием европейского стиля.

Интерьер городского дома находился в зависимости от функционально-планировочной структуры дома и от социального положения его владельцев.

Внутренняя часть дома а и декоративное оформление парадных комнат были выполнены под влиянием европейского стиля. Гостиная комната (зал-гостиная) располагалась в фасадной части дома, окна которой выходили на улицу. Комната была обставлена городской европейской мебелью, на стенах висели зеркала и часы, в углу стояла печь-голландка. Национальная специфика в городском доме наблюдалась в религиозных

мусульманских книгах, в предметах текстильного убранства и сундуки, расставленные по стенам дома (проект усадьбы Панаевых по улице Горького 12, конец XIX в рис. 3) [7].

Рис. 3. Усадьба Панаевых, конец XIX в.

Стоит отметить что, несмотря на наличие разнообразной европейской мебели в татарских домах – стульев, столов, диванов, по своему прямому назначению они не использовались. Их присутствие в доме носило формальный характер, было продиктовано необходимостью соответствовать общепринятому стандарту и правилам городского образа жизни. На самом же деле, в повседневной жизни, сохранялись традиционные черты – сидение на полу и использование сундуков вместо мебели.

При схожей планировке с европейскими городскими домами, татарские особняки отличались передвижениями в доме. В каждой из комнат имелись двери по смежным сторонам. Женщины могли выбрать направление движения, так чтобы мужчины в доме не увидели их, так как по религиозным законам дом делился на мужскую и женскую часть.

Интерьер жилых и кухонных помещений, сохранял традиционные черты. На кухне сохранялась традиционная хлебопекарная печь, кустарные или самодельные посудницы. В спальнях и женских покоях вместо кроватей нередко использовались традиционные сэке, а вместо стульев и мебели – сундуки. Комнаты были оформлены предметами традиционного текстильного убранства – полотенцами, занавесками, намазлыками, паласами. Из европейской мебели использовались туалетные столики и зеркала-трюмо.

Зал являлся первой по значимости комнатой из ряда парадной анфилады. Помещение было самым большим по площади в доме. Освещалось окнами со стороны фасада дома и с торца. Значительность зала подчеркивалась наличием высоких двустворчатых дверей, которые в богатых особняках делались резными, украшались арками и пилястрами. Зал использовался для приема гостей, для проведения праздников. В этой комнате не было отопительной печи.

Гостиная находилась в центре особняка рядом с залом. Яркой чертой гостиной было наличие двух одинаковых угловых печей-голландок, которые были симметрично расположены напротив окон. Печи-голландки украшались богатыми изразцовыми плитками. В гостиной обычно размещалось много мебели, поскольку это была комната, в которой гостям можно было расположиться. У стены между печей-голландок ставили небольшой диван, а перед диваном маленький «диванный» столик. По сторонам дивана нередко ставили два кресла. Обязательной принадлежностью гостиной были также большие трюмо-зеркала, поставленные вдоль стен, а также висячие зеркала. На стены кроме того, вешали часы, шамаили, богато вышитые полотенца в рамках.

Следовавшая за гостиной третья комната в парадной анфиладе была или парадной спальней или кабинетом. Парадная спальня не являлась основной спальней хозяев особняка и не использовалась ими. Ее устройство носило формальный характер и осуществлялось в целях следования принятому порядку анфилады парадных комнат.

Кабинет относился к мужской половины дома. Кабинет был выполнен в европейском стиле с строгой мебелью – письменными столами, шкафами, и секретерами со всеми письменными и канцелярскими предметами. Наличие в доме отдельного кабинета свидетельствовало о социальном статусе человека, его образованности. Такие кабинеты встречались в домах татарской интеллигенции и состоятельных купцов.

Женские покои домов-особняков представляли собой совершенно иную картину, нежели парадные комнаты. Обычно комнаты женской половины дома были намного ниже по высоте потолка и меньше парадных комнат. В их отделку и художественное оформление не вкладывали больших средств. Стены не оклеивали обоями, а обычно просто красили, потолки не оформлялись, двери были низкие и одностворчатые. Облик женских покоев имел специфический татаро-мусульманский колорит, отчего современники писали: «Во внутренних покоях преобладает азиатский вкус с его низкими диванами по стенам, на которых сидят татарки, поджав ноги». Обычно, в женских покоях, помимо традиционных предметов обстановки, присутствовали городская мебель, в частности зеркала, маленькие туалетные и чайные столики, комоды. В целом, в оформлении интерьера городского особняка главная роль отводилась предметам традиционного текстильного убранства, а особенно занавескам, полотенцам, коврам, постельным принадлежностям, развешанным на стенах одеждам [8].

Мебель

В городских домах и была разнообразная мебель мануфактурно-промышленного производства. Художественная отделка и качество мебели зависели от социального и имущественного положения владельцев. В домах среднего достатка, использовалась кустарная или мануфактурная мебель из недорогих пород дерева. В домах-особняках мебель была из красного дерева. Большой популярностью пользовалась немецкая, венская мебель. Из европейских стран, а особенно из Франции проник интерес к античности. Поэтому в интерьере используются античные статуи и соответствующий декор.

Самыми распространенными предметами мебели в городском особняке были столы различной формы, резные стулья с мягкими сидениями, диваны и кресла. Очень популярны были буфеты со стеклянными окошками, в которых расставляли дорогую фарфоровую посуду, зеркала-трюмо, комоды (рис. 4). В женских покоях были туалетные и небольшие чайные столики. В рабочих кабинетах стояли книжные шкафы, письменные столы.

Рис. 4. мебель городского особняка XIX-начала XX вв.

Значительную роль в построении ансамбля интерьера богатого особняка играли окна и их оформление. Окна были различными по высоте и ширине. Самые большие и высокие окна были в парадных комнатах. В жилых комнатах окна были меньше и ниже по высоте. В парадных комнатах оконные проемы оформлялись темными бархатными портьерами с использованием резных деревянных карнизов. В жилых комнатах женской половины дома на окна вешались обычные белые занавески.

Художественная отделка применялась и в оформлении дверей. Резные дубовые двери, украшенные арками и накладными пилястрами, были весьма характерны для татарских богатых классицистических интерьеров.

Важным элементом интерьера были изразцовые печи, которые обычно располагались по углам в гостиной комнате. Печь была разной формы и по высоте доходила до потолка дома. Обычно облицовывались расписными изразцами в изысканных формах, нередко в виде пилястр и полуколонн.

Популярными элементами оформления интерьера в городском татарском доме являлись зеркала, обрамленные резными деревянными рамками и часы, украшенные резными узорами. Зеркала и часы вешались в простенках между окнами, нередко по несколько штук. У многих состоятельных татар были свои личные портреты, но вешали их в личных покоях. По свидетельству Каюма Насыри картины старались «не вывешивать на стены, не выносить на видные места».

Отделочные материалы

Для интерьера городских домов была характерна художественная отделка и декор внутренних поверхностей (стен, потолков, пола) и элементов интерьера (печи). Способы отделки стен: от покраски стен красками до поклейки обоев. В домах-особняках были популярны сюжетные росписи стен, характерные для интерьеров эпохи классицизма. В богатых татарских особняках были популярны росписи стен парадных лестничных проходов, зала и гостиной пейзажными и натюрмортными изображениями.

В парадных комнатах городских особняков потолки оформлялись с помощью лепнины и декоративной росписи.

Полы в парадных комнатах делались паркетными или красились, а поверх покрывались персидскими коврами.

В цветовом решении проявлялся восточный колорит: яркие пестрые скатерти на столах, яркие ковры, занавесы и др. [9].

С середины XVIII в., когда обойная промышленность стала быстрорастущей областью мануфактурного производства, стены обклеивали бумажными обоями.

Все поверхности городского дома, обклеивали бумажными обоями при этом, расставляя цветовые акценты. В отделке городского особняка использовались отечественные обои, которые были декорированы национальным орнаментом. Декоративный текстиль, который привозили из Китая и Европы, стал одним из главных источником знакомства с культурой, орнаментами интерьера других стран. Местные мастера использовали европейские орнаменты вместе с национальными.

В начале XIX века обои промышленного производства используются меньше. Популярным способом отделки поверхностей дома становится монохромная покраска. В связи с этим появляется новый тип обоев, он отличался по многим критериям. Штукатурка была популярна в отделке, поэтому обои по текстуре стремятся сделать подобными. Стены оклеивали и окрашивали клеевой краской. Многие мастера использовали трафареты для орнаментов. Позже распространённым видом отделки становится ручная роспись по бумаге.

В 1830-х годах большой популярностью пользуются однотонные фабричные обои. Обои считались дорогими, если рисунок на обоях был сложным и мелко детализированным. На бумажных обоях использовалась ручная роспись [10].

К началу XX века небольшие изменения повлияли на трансформацию всей организации интерьера татарского городского особняка. Вместе с тем, часть традиционных элементов выстояла и, в сочетании с новыми элементами, придавала неповторимую самобытность татарскому дому.

Заключение

Исследование становления городского особняка под влиянием европейского стиля и формирование предметного насыщения в взаимодействий с традиционным укладом было проведено впервые. В практическом плане, результаты могут быть использованы при реконструкции и проектировании татарского городского особняка.

Список библиографических ссылок

1. Воробьев Н. Н. Казанские татары (Этнографическое исследование материальной культуры дооктябрьского периода). Казань, 1953. С. 170–266.
2. Воробьев Н. И. Жилища и поселения казанских татар Арского кантона ТАССР. Казань, 1926. С. 4–40.
3. Фукс К. Казанские татары в статистическом и этнографическом отношениях: краткая история города Казани. Казань, 1991. 210 с.
4. Айдаров Р. С. Татарская деревянная усадьба в архитектурном пейзаже Казани второй половины XIX-начала XX веков // ravilaidarov.ru : интернет-изд. Айдарова Равиля Сайяровича, 2013. URL: http://ravilaidarov.ru/tatarskaya-derevyannaya-usad-ba-v-arhitekturnom-pejzazhe-kazani-vtoroj-poloviny-hih-nachala-hh-vekov/ (дата обращения: 27.03.2018).
5. Дом Чекмарева, 1770-е годы // uag.kzn.ru : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: http:// uag.kzn.ru/docs/oop/anlist/194.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
6. Айдаров Р. С. Архитектура многоквартирных деревянных домов Казани рубежа XIX-начала XX веков // ravilaidarov.ru : интернет изд. Айдарова Равиля Сайяровича, 2013. URL: http://ravilaidarov.ru/arhitektura-mnogokvartirny-h-derev-yanny-h-domov-kazani-rubezha-h1h-nachala-vekov/ (дата обращения: 27.03.2018).
7. Усадьба Панаевых, XIX в // uag.kzn.ru : ежедн. интернет-изд. 2010. URL: http:// www .uag.kzn.ru/filemanager/i/bf1077e9/79-2.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
8. Интерьер парадной половины городского татарского дома традиционной планировки // mirasybyz.ucoz.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://mirasyby z.ucoz.ru/index/achasyrdagy_kompleks/0-12 (дата обращения: 19.03.2018).
9. Айдаров Р. С. Интерьер татарского казанского дома XIX века // Дизайн Ревю. 2005. № 1-2. С. 32–36.
10. Отделка стен в жилых помещениях в первой половины XIX века // museum-tarhany.livejournal.com : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: https://museum-tarhany. livejournal.com/2245.html (дата обращения: 19.03.2018).

Kuleeva Lyalla Muratovna
professor, candidate of architecture
E-mail: la_mur@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Mingazova Aliya Ildarovna
designer-consultant
E-mail: witu009@gmail.com
Electrocenter
The organization address: 420124, Russia, Kazan, Chistopolskaya st., 16/15

Urban mansions of Kazan in the middle of XIX-beginning of XX centuries

Abstract

Problem statement. The aim of the article is to trace the formation of the architecture and the subject environment of the city mansion as a new social, functional, planning and architectural object, formed taking into account the traditions of the Tatar people and the influence of the European style.

Result. Changes in the mansions of the city of Kazan touched, first of all, its functional-subject filling. The interior was greatly enriched at the expense of penetration into the life of the items of urban furniture and appliances.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in revealing the techniques of designing a city Tatar mansion under the influence of the European

style and the national peculiarities of the Tatar architecture, which can form the basis for designing during the reconstruction of the Tatar mansion.

Keywords: city mansion, city house, layout, style.

References

1. Vorobiev H. N. Kazan Tatars (Ethnographic study of the material culture of the pre-October period). Kazan, 1953. P. 170–266.
2. Vorobyov N. I. Dwellings and settlements of the Kazan Tatars of the Arsk canton of the TASSR. Kazan, 1926. P. 4–40.
3. Fuks K. Kazan Tatars in statistical and ethnographic relations: a brief history of the city of Kazan. Kazan, 1991. 210 p.
4. Aidarov R. S. Tatar wooden manor in the architectural landscape of Kazan in the second half of the XIX-early XX centuries // ravilaidarov.ru : daily. internet-edit. Aidarov Ravil Sayarovich, 2013. URL: http://ravilaidarov.ru/tatarskaya-derevyannaya-usad-ba-v-arhitekturnom-pejzazhe-kazani-vtoroj-poloviny-hih-nachala-hh-vekov/ (reference date: 27.03.2018).
5. House Chekmareva, 1770-s // uag.kzn.ru: daily. internet-edit. 2010. URL: http://uag.kzn.ru/ docs/oop/anlist/194.pdf (reference date: 19.03.2018).
6. Aidarov R. S. The architecture of multi-apartment wooden houses in Kazan at the turn of the XIX-early XX centuries // ravilaidarov.ru : daily. internet-edit. Aidarov Ravil Sayarovich, 2013. URL: http://ravilaidarov.ru/arhitektura-mnogokvartirny-h-derev-yanny-h-domov-kazani-rubezha-h1h-nachala-vekov/ (reference date: 27.03.2018).
7. The Manor of the Panayevs, XIX in // uag.kzn.ru: daily. internet-edit. 2010. URL: http: //www.uag.kzn.ru/filemanager/i bf1077e9/79-2.pdf (reference date: 19.03.2018).
8. Interior of the front half of the urban Tatar house of traditional planning // mirasybyz.ucoz.ru : daily. internet-edit. 2015. URL: http: // mirasybyz.ucoz.ru/index/achasyrdagy_kompleks/0-12 (reference date: 19.03.2018).
9. Aydarov R. S. Interior of the Tatar Kazan House of the XIX Century // Design Revue. 2005. № 1-2. P. 32–36.
10. Wall decoration in living areas in the first half of the XIX century // museum-tarhany.livejournal.com : daily. internet-edit. 2015. URL: https://museum-tarhany.livejournal.com/2245.html (reference date: 19.03.2018).

УДК 72.03
Кулеева Ляйля Муратовна
кандидат архитектуры, профессор
E-mail: la_mur@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Одинцова Юлия Леонидовна
ассистент
E-mail: yulyaodintsova@mail.ru
Казанский федеральный университет
Адрес организации: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлёвская, д. 18

Устойчивый подход к формированию пространства интерьера

Аннотация

Поставленные задачи. Чтобы понять изменения, накопленные в области архитектурного, строительного проектирования, а, так же, практики урбанизации в течение последних ста лет, необходимо проследить трансформацию идей устойчивого проектирования.

*Результат.*Основным результатом данного исследования является классификацияидей устойчивого подхода в проектировании в 20 веке. В рамках данной работы предложена классификация представляющая собой пять этапов, разделенных по признаку «смена парадигмы», которые сформировали архитектурный дискурс и практику, которые мы наблюдаем сегодня. Четыре из пяти из этих фаз были в основном обусловлены основной редукционистской парадигмой, которая определяла устойчивость архитектуры и зданий. Редукционистская парадигма направлена главным образом на уменьшение негативного воздействия здания на экологическую эффективность. Однако мы находимся на пороге сдвига парадигмы, которая опирается на устойчивое взаимодействие человека и природы. В данной работе описывается исторический прогресс и различные этапы современной устойчивой архитектуры и исследуются парадигмы устойчивости, связанные с этими этапами.

Вывод. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в определении ключевых элементов, присущих каждому этапу развития устойчивого проектирования. На основе данных элементов и изучении опыта прошлых поколений предполагается выдвинуть возможные варианты для трансформации идей устойчивого проектирования в настоящее время.

Ключевые слова: устойчивое проектирование, функционализм, органическая архитектура, зеленое проектирование, экологическое проектирование, технологическая естественность.

Введение

Современное общество испытало разнообразные, глубокие преобразования касаемо того, как люди общаются и соотносятся друг с другом и с окружающей их средой. В частности, в последние несколько десятилетий связь между человеком и природой приобрела большое значение в нашем социальном сознании, когда мы осознаем, как человеческие действия и производство постепенно разрушают природную среду. Стремясь остановить это воздействие на окружающую среду, которое влияет на мир в целом, с конца 80-х годов большое число стран приняли концепцию устойчивого развития, которая определяется как социальное, политическое и экономическое развитие, которое отвечает потребностям настоящего, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности, как способ достичь лучшего качества жизни для всех обществ и одновременно сохранять природную среду. В настоящее время все больший интерес вызывают примеры устойчивого проектирования, получившие свое развитие в течение последних нескольких десятилетий. Они включают использование местных материалов и проектных приемов;

отсутствие фальш-панелей; разработку проектов, исходя из климатических условий; создание проекта, руководствуясь принципами взаимосвязи с природой; использование новых технологий; минимизацию строительных отходов. Результатом подобных разработок и проектных предложений стали стильные, хорошо спроектированные здания и интерьеры, показывающие, что внешний вид, безусловно, не должен быть принесен в жертву устойчивому подходу. Мы продолжаем почитать многих из этих проектировщиков в области архитектуры и дизайна как пионеров современного направления. И их работа, которая, как правило, направлена на создание объекта в целом, охватывающая здание, интерьер и мебель, имеет большое значение для проектировщиков современности [1].

Эволюция идей устойчивого подхода в проектировании

Осознавая возникающую проблему отрицательного воздействия на окружающую среду, архитектурная практика «сильно реагировала», и за последние несколько лет мы увидели множество возможных решений: экологическая архитектура, зеленая архитектура, биоклиматическая архитектура, энергоэффективная архитектура, устойчивая архитектура. Этот последний термин пытается собрать все предыдущие процессы проектирования, которые включают стратегии для оценки, контроля и минимизации физического воздействия здания на окружающую среду. После критического анализа кажется очевидным, что в этих «устойчивых» практиках доминирует некая научная или экологическая доминанта, которая понимает архитектурный дизайн как подчиненный в основном внешними отношениями, то есть физическими, материальными и поддающихся количественной оценке условий, принимая определенные заранее установленные параметры, такие как форма, максимальные уровни загрязнения, энергетические стандарты и т. д. Эта позиция, по-видимому, приводит к «экологическому детерминизму» при проектировании объектов культуры с гораздо более сложными характеристиками.

С начала XX века до настоящего времени существовали пять влиятельных парадигм которые формируют устойчивость в проектировании. Обзор последних 120 лет показывает, что на устойчивые идеи проектирования существенно повлиял экономический и экологический кризис, связанный с индустриализацией (табл.).

Таблица

Эволюция идей устойчивого подхода в проектировании

Наименование этапа	Годы	Яркие представители	Парадигма
Функционализм	1919-1933	Вальтер Гропиус, Петер Беренс	Рациональное формообразование
Органическая архитектура	1908-1968	Виктор Ольгей, Аладар Ольгей, Фрэнк Ллойд Райт, Ричард Нойтра	Исследование взаимодействия климата и дизайна
Зеленое проектирование	1960-1980	Папанек, Сим Ван дер Рин	«Зеленый консьюмеризм»
Экологическое проектирование	1980-2000	Ян МакХарг, Эренкранц, РонМейс, Шумахер	Включению окружающей среды во внутреннее пространство здания
Устойчивое проектирование	2000- по настоящее время	ЖанинБениус, Луис Де Гарридо, Бьярке Ингельс	Эффективность использования ресурсов

Функционализм

Первой парадигмой повлиявшей на развитие идей устойчивого проектирования принято считать функционолизм. Особую роль в развитии данного течения сыграла широко известная архитектурно-художественная школа «Баухауз», основанная в 1919 г. Вальтером Гропиусом. Проектирование в Баухаузе основывается на сочетании всех искусств и ремесел, с учетом привнесения новых технологий и материалов. Они впервые научно оценили экологические характеристики, рассчитав в своих

конструкциях дневной свет, солнечный свет и теплопотери. По подобию средневековых сообществ строительства храмов Гропиус старался сформировать настоящее содружество обучающих и обучающихся, объединив все виды художественного творчества. Примерами проявления идей функционализма в творчестве В. Гропиуса являются: Жилой дом профессора доктора Феликса Ауэрбаха, Йена, поселок Даммершток, Жилой дом в Ганзафиртель и многие другие. При изучении функционализма нельзя обойти работы Адольфа Мейера. Совместно с Гропиусом ими были реализованы следующие проекты: Завод «Фагус» (1910-1911 гг.), Альфельд-на-Лайне (1924-1925 гг.), дом Баумфельда в Берлине (1919 г.), Здание Баухауса в Дессау (1925-1926 гг.). После Гропиуса пост директора Баухауза на 1928-1930 годы занимает швейцарский архитектор Ханнес Майер. Основной своей задачей он видит придание педагогической концепции Баузауза социальной направленности. Ярким примером его взглядов является отрывок из статьи «Баухауз и общество» (1929 г.): «Что строить, что конструировать - для нас едино. И то и другое -общественное событие. В качестве Высшей школы формообразования Баухауз-Дессау не художественный, а социальный феномен. Наша деятельность является социально обусловленной, и круг наших задач определяет общество. Разве не требуются сегодня в Германии нашему народу школы, парки, дома? Сотни тысяч квартир?... Как творцы мы слуги нашего народа... Конечная цель всей нашей работы объединение всех жизнеобразующих сил для гармоничного развития общества» [2] (рис. 1-2).

Рис. 1. В. Гропиус Здание Баухауз в Дессау, 1926 г. Рис. 2. Ритвельд красно-синий стул, 1918 г.

Отдельно стоит обратить внимание на работах Петера Беренса, подчеркивающего необходимость коллаборации художественного начала с технологической естественностью, о воспитании эстетического вкуса у широких слоев населения говорил. Он считал, что «следование одним лишь функциональным или только материальным целям не может создать никаких культурных ценностей», нужно сочетать в форме объекта художественный образ и соответствие функции, «технологическую естественность».

Органическая архитектура

Во второй парадигме «Органическая архитектура» доминировали идеи Райта об органической архитектуре, модулор Корбюзье и идеи инсоляции Брейера, порядок, противопоставленный хаосу искусственного окружения Мейера, скандинавский дизайн Аалто до формулирования парадигмы биоклиматической архитектуры братьями Ольгей и Ольджи. Фрэнк Ллойд Райт (1867-1959 гг.) абстрагировал подход американской школы прерий, которая строила на идеях взаимодействия искусства и ремесел, и использовала традиционные местные материалы, пользуясь новыми технологиями. Его дом-студия в Оук-парке, Чикаго (США) с использованием местных натуральных материалов. Райт использует витражи, чтобы обеспечить в помещении фильтрованный естественный дневной свет. Внутренние помещения расположены в открытой планировке вокруг центрального камина, отапливающего все здание. Такой

органический подход к планированию основан на природных формах, подчеркивающих значимость природы (рис. 3-4).

Рис. 3. Ф.Л. Райт «Дом над водопадом», 1935-1939 гг.

Рис. 4. Ф.Л. Райт Дом Прерий интерьер

Принципы биоклиматической адаптации, гигиены, безопасности и понятие экспериментального и эмпирического дизайна были сформулированы братьями Ольгей в первой лаборатории архитектуры основанной в 1950-х годах, объединяющую академические исследования и практику. Это было серьезное изменение, которое переместило устойчивое проектирование в научный и эмпирический исследовательский мир, основанный на доказательствах.

Зеленое проектирование

Третьей парадигмой выделим «зеленое проектирование», получившее своё развитие в конце 1960-х годов. Основными представителями данного направления можно назвать Сим Ван дер Рина, ВиктораПапанека, Тошиюки Кита (рис. 5-6). В ней доминировали идеи Совета по экологическому строительству США по зеленому и умному дизайну разработанного архитекторов Симом Ван дер Рином, который посвятил особенные усилия утилизации продуктов жизнедеятельности человека – проектированию сухих туалетов, экологичной канализации, систем использования «серой» воды и т. д. Свои идеи он воплощал в независимых от любых коммуникаций жилищах, в том числе и городских домах. С появлением этой парадигмы, озеленение архитектуры распространилось во всем мире. В данный период времени в обществе начали популяризироваться идеи экологических проблем.

Рис. 5. Сим Ван дер Рин. Центр Здоровья, Округ Лузерн, Пенсильвания

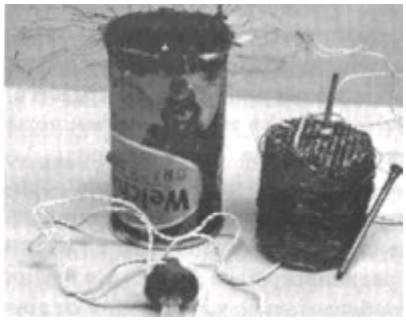


Рис. 6. В. Папанек. Радиоприемник, спроектированный для стран третьего мира

Особый вклад в осознание исчерпываемости ресурсов внес «Римский клуб» - международная общественная организация основанной в 1968 г. Аурелио Печчеи и генеральным директором по вопросам науки ОЭСР Александром Кингом, объединяющая представителей мировой политической, финансовой, культурной и научной элиты. В начале 70-х годов Джей Форрестер использовал разработанную им методику

моделирования на ЭВМ к мировой проблематике. Результатом исследования послужила книга «Мировая динамика», в которой указывалось, что дальнейшее развитие человечества на физически ограниченной планете Земля приведет к экологической катастрофе в 20-х годах двадцать первого века. Денниса Медоуза продолжил разработку идей Форрестера, однако метод «системной динамики», не учитывал особенности региональной мировой модели, в связи с чем модель Медоуза вызвала ожесточенную критику. Тем не менее, модели Форрестера-Медоуза был придан статус первого отчета Римского Клуба. Доклад «Пределы роста» положил начало целому ряду докладов Клуба, в которых получили глубокую разработку вопросы, связанные с экономическим ростом, развитием, обучением, последствиями применения новых технологий, глобальным мышлением. В конце 70-х годов в средствах массовой информации начал преобладать зелёный цвет. Благодаря «зелёной политике», «текущим экологическим проблемам», «уникальной цветопередаче» зелёный дизайн пришёл с готовой символикой: зелёные продукты, зелёная упаковка и многочисленные книги «Как быть зелёным» в «зелёной обложке». Огромный вклад в развитие идей зеленого проектирования внес Виктор Папанек. Выступив в дизайне против самолюбования «идеальной формой», моды на «хай-тек» и безудержной коммерческой безвкусицы, Папанек предвосхитил многие громкие лозунги будущих зеленых и антиглобалистов. Папанек обратился к изучению первоистоков предметных форм различных народов мира, включая даже реликтовые культуры, сохранившиеся в труднодоступных районах Америки, Азии и Африки.

Экологическое проектирование

В четвертой парадигме под названием «Экологическое проектирование» доминировали идеи МакХарга в 1963 году по дизайну с природой, Эренкранца в 1963 году по проектированию устойчивых систем, Шумахера по соответствующей технологии и Рона Мейса по универсальному дизайну. Данные работы продемонстрировали тенденцию к включению окружающей среды во внутреннее пространство здания.

В этот же период активно начал развиваться биоморфизм – художественно-стилистическое течение, продолжающее «природную линии» в формообразовании, ставшее новой ветвью в развитии стилистического направления органического дизайна. [8]. Архитектура на данном этапе старалась имитировать природу. Все началось с имитации фигур, форм и структур. Это было до конца 20-го века, когда стало возможным имитировать природные процессы, функции и экосистемы в проектах благодаря разработке современных материалов. Пионером в данной области признано считать Л. Колани. Основой для формообразования в его работах – идеи, взятые из живой природы. В проектах Л. Колани нет строгих форм, все углы сглажены и подчинены аэродинамике. В одном из интервью он сказал: «Земля круглая, все небесные тела - круглые; все они движутся по круглым или эллиптическим орбитам… Мой мир тоже круглый!». В проектировании самолетов он исходит из анатомии птиц, акул, в создании яхт руководствуется формами китов, а в дизайне гоночных автомобилей обращается к формам скатов (рис. 7-8). Начиная с 1950-х гг. он не перестает удивлять и восхищать публику своими творениями. Однако многие из данных проектов были достаточно дорогостоящими, что привело к смене парадигмы в сторону устойчивого проектирования.

Рис. 7. Луиджи Колани Human City «Pegasus»

Рис. 8. ЛуиджиКолани рояль Colani

Устойчивая архитектура

В пятой парадигме под названием «Устойчивая архитектура» доминировали идеи Брундтланда, начиная от устойчивых проектов Бейкера, подчеркивающих значимость и ценность природной архитектуры до работ Сэма Мокби. Наряду со многими другими, они расширили сферу охвата устойчивого дизайна, включив в себя эстетику и человеческий опыт в дополнение к экологическим показателям. В настоящее время устойчивый подход развивается согласно идеям Киотского протокола об углеродном нейтралитете заключенного в 1997 году и докладу МГЭИК ООН (2006 год) об изменении климата. Работа Билла Данстера по разработке нулевой энергии оказала сильное влияние на архитектурные исследования и практику. Необходимо так же остановиться на идеях Лайла по регенеративному проектированию и биомимикрии Жанин Бениус. Луис де Гарридо более 20 лет занимается научно-исследовательскими работами по изучению и внедрению принципов интегральной архитектуры, биоклиматических зданий и сооружений. Он является создателем некоторых понятий, которые призваны повысить роль миссии архитектора в создании экологически устойчивых проектов. В связи с принятой политикой к 2020 году 28 государств планирует перейти на почти нулевые энергетические здания, а, следовательно, устойчивая архитектура стала реальностью, охватывающей устойчивость, динамизм и взаимодействие природы и человека.

Рис. 9. Луис де Гарридо. Дом-куб

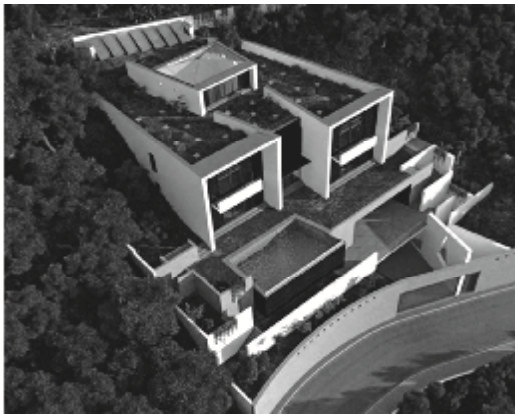


Рис. 10. Эко-дом Jay, проект Луиса де Гарридо

Заключение

До начала 21-го века продвижение устойчивой архитектуры и концепции зеленого строительства было специализированным вопросом, подчиненного идеям массового производства. Данная классификация позволяет выявить идеи и тенденции в области устойчивости архитектуры и проектной деятельности. В последние сто лет, архитектура была под влиянием устойчивого дискурса и многие архитектурные и строительные инновации были связаны с прогрессом идей, перечисленных ранее. Влияние пяти фаз оказало глубокое влияние на архитектурную практику, обусловленное новыми строительными технологиями, такими как изоляционные материалы, возобновляемые системы и эффективные технологии отопления и охлаждения. Устойчивость представляет собой видение новой практики проектирования, ориентированной на производительность, и приводит к новым методам производства.

Список библиографических ссылок

1. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. М. : ДМКПресс, 2011. 392 с.
2. Meyer H. Bauhaus und Gesellschaft: Bauhaus, 1929. № 1. P. 10–12.
3. Папанек В. Дизайн для реального мира. М. : Д. Аронов, 2008. 416 с.
4. Быстрова Т. Ю. Направления и проблемы развития «устойчивого» дизайна // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 1. С. 80–85.

5. Курьерова Г. Г. Экология предметного мира как стратегия дизайна в постиндустриальный период. М. : ВНИИТЭ, 2008. 132 с.
6. Михайлов С. М. История дизайна. М. : СДР, 2000, т. 1. 263 с.
7. Baton Rouge, From Bauhaus to Ecohouse: A History of Ecological Design // LA : Louisiana State University Press, 2010. 211 p.
8. Михайлов С. М., Михайлова А. С. Постиндустриальный дизайн // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 5. С. 33–37.
9. Койнова Н. В. Экологический дизайн Луиджи Колани // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. Вып. № 2, 2012. С. 93–97.
10. Ayalp. N. Environmental Sustainability in Interior Design Elements 7th WSEAS Conference on Energy and Environment (EE'12) July 13-17, 2012. P. 163–167.
11. Kuppaswa my Iyengar Sustainable Architectural Design. 2015. 294 p.
12. Phillip Tabb. Senem Deviren. The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design. 2013. 216 p.

Kuleeva Lailya 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
Odintsova Yulya Leonidovna
assistant
E-mail: yulyaodintsova@mail.ru
Kazan Federal University
The organization address: 420008, Russia, Kazan, Kremlin st., 18

A sustainable approach to the formation of the interior space

Abstract

Problem statement. In order to understand the changes accumulated in the field of architectural, building design, as well as the practice of urbanization over the past hundred years, it is necessary to trace the transformation of the ideas of sustainable design.

Results. The main result of this study is the classification of the ideas of sustainable approach in design in the 20th century. Within the framework of this work, the classification is proposed, which is a five-stage, divided by the «paradigm shift», which formed the architectural discourse and practice, which we observe today. Four out of five of these phases were mainly due to the basic reductionist paradigm that determined the stability of the architecture and buildings. The reductionist paradigm is mainly aimed at reducing the negative impact of the building on environmental efficiency. However, we are on the threshold of a paradigm shift that relies on sustainable interaction between man and nature. This paper describes the historical progress and various stages of modern sustainable architecture and explores the sustainability paradigms associated with these stages.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in determining the key elements inherent in each stage of sustainable design. On the basis of these elements and the study of the experience of past generations, it is planned to put forward possible options for the transformation of the ideas of sustainable design at the present time.

Keywords: sustainable design, functionalism, organic architecture, green design, environmental design, technological naturalness.

References

1. Talapov V. V. Fundamentals of BIM. Introduction to the Information Modeling of Buildings. M. : DMK Press, 2011. 392 p.
2. Meyer H. Bauhaus und Gesellschaft: Bauhaus, 1929. № 1. P. 10–12.
3. Papanek V. Design for the real world. M. : D. Aronov, 2008. 416 p.

4. Bystrova T. Y. Directions and problems of development of «sustainable» design // Akademicheskiy vestnik UralNIIproyekt RAASN. 2012. № 1. P. 80–85.
5. Courier G. G. Ecology of the objective world as a design strategy in the postindustrial period. M. : VNIITE, 2008. 132 p.
6. Mikhailov S. M. History of design. M. : SDR, 2000, vol. 1. 263 p.
7. Baton Rouge, From Bauhaus to Ecohouse: A History of Ecological Design // LA : Louisiana State University Press, 2010. 211 p.
8. Mikhailov S. M., Mikhailova A. S. Post-industrial design. // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 5. P. 33–37.
9. Koinova N. V. Ecological design of Luigi Colani // Akademicheskiy vestnik UralNIIproyekt RAASN. Iss. № 2, 2012. P. 93–97.
10. Ayalp N. «Environmental Sustainability in Interior Design Elements» 7th WSEAS Conference on Energy and Environment (EE'12) July 13-17, 2012. P. 163–167.
11. Kuppaswa my Iyengar Sustainable Architectural Design 2015. 294 p.
12. Phillip Tabb. A Senem Deviren. The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design. 2013. 216 p.

УДК 711.168
Хабибулина Альбина Гомеровна
кандидат экономических наук, доцент
E-mail: albgomer@mail.ru
Иванова Елена Юрьевна
старший преподаватель
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Пространственные покрытия с использованием распорных систем кладочной структуры

Аннотация

Постановка задачи. Выявление и систематизация характерных деформаций распорных систем, определение характера и степени инженерного вмешательства, в процессе реставрации или консервации культовых сооружений.

Результат. Дан анализ работы сводов под действием разрушающих факторов. Выявлены резервы пространственных распорных систем кладочной структуры и возможности перестройки первоначальных рабочих схем в процессе многовековой эксплуатации. В работе представлены дублирующие схемы при различных видах деформаций; произведена систематизация характерных видов деформаций цилиндрических, крестовых, сомкнутых и крещатых сводов и выявлены традиционные места их локализации. Предлагаемый инженерно-аналитический подход к исследованиям технического состояния многовековых распорных систем может служить ориентиром при выработке реконструктивных мероприятий и определении объема и содержания реконструктивных вмешательств.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что выявленные закономерности и изменения рабочих схем распорных систем в процессе действия разрушающих факторов, дают возможность внести коррективы в традиционную методику исследований при оценке технического состояния распорных систем и расчетов, связанных с прогнозированием потери их устойчивости.

Ключевые слова: устойчивость, конструктивная схема, свод, арка, анализ, усиление, реконструкция.

Введение

Истоки возникновения распорных систем уходят в далекое прошлое. Основными покрытиями культовых зданий романской, византийской, а позднее готической и ренессансной архитектуры были арки и своды кладочной структуры. Глубоких исследований этих конструкций в те времена не было; размеры, формы, соотношения отдельных элементов определялись эмпирическим путем. Графоаналитические расчеты арок появляются лишь в XVIII-начале XIX веков. Исследования получили развитие к началу XX века в работах Н.К. Кривошеина, В.Р. Бернгарда, Н.К. Лахтина [1]. Однако, результаты этих исследований не дают исчерпывающую информацию, которая раскрыла бы особенности кинематики этих систем, т.к. базируются они на изучении поведения первозданной рабочей схемы без учета специфики деформаций, возникающих в процессе эксплуатационных воздействий и разрушающих факторов.

Выводы, сделанные Н.К. Лахтиным, в отношении аркбутанов, парусов, сводов, подпружных арок и затяжек нельзя считать безусловными, т.к. учитывают только единственную равномерно распределенную вертикальную нагрузку и распространяются только на параболические своды.

Опыт возведения современных распорных систем [2, 3] при строительстве плотин, туннелей, метрополитена, ГЭС, пространственных покрытий общественных зданий использовать применительно к памятникам древности не корректно, т.к. нельзя отождествлять работу монолитной и кладочной структур. Используемый сегодня для

арок, сводов и др. металл и железобетон способны воспринимать напряжения разных знаков, в то время как конструкции из кирпича и камня могут воспринимать только усилия сжатия [4]. Отсюда вытекает актуальность поставленных в работе задач и практическая значимость их решения.

Исследование распорной системы кладочной структуры сводов

Изучение механизма изменения начальной рабочей схемы в процессе многовековой эксплуатации распорных систем является определяющим направлением в исследовании проблем зависимости между распором, опрокидывающим, восстанавливающим моментами и комплексной технической характеристикой работы крестовокупольной системы. В частности, имеется большой количество примеров, когда пространственные покрытия утратили подпружные арки, часть вертикальных опор, связей и других подобных элементов, которые были определяющими элементами в первоначальной рабочей схеме и на сегодня далеки от обрушения [5, 6]. Сам факт существования таких конструкций в памятниках архитектуры приводит к выводу, что имеются скрытые резервы, позволяющие сохранить работоспособность распорных систем при частичном или полном преобразовании первоначальной рабочей схемы. Исследование конкретных объектов, таких как Большая трапезная палата Троицкого собора в Астрахани (1597-1603 гг.) (рис. 1) [7], Троицкий собор Выксунского Иверского монастыря [8], ансамбль Городненского монастыря [9] и другие позволили выявить конкретные потенциальные резервы. Назовем основные из них. Это монолитность кладки, снижение нагрузки на распорные элементы из-за твердения кладки и перезагрузки более жестких вертикальных опор, а также благодаря пространственной видоизменяемости криволинейных очертаний покрытий. Во множестве случаев [10, 11] мы имеем дело с завышенной толщиной сводов, что дает большой дополнительный запас прочности сжатой зоны. Несмотря на то, что общий распор системы при этом нарушается, покрытие сохраняет первоначальную форму. Это объясняется тем, что происходит перераспределение нагрузки, в процессе которого внутри конструкции образуются расчлененные пространственные безраспорные блоки.

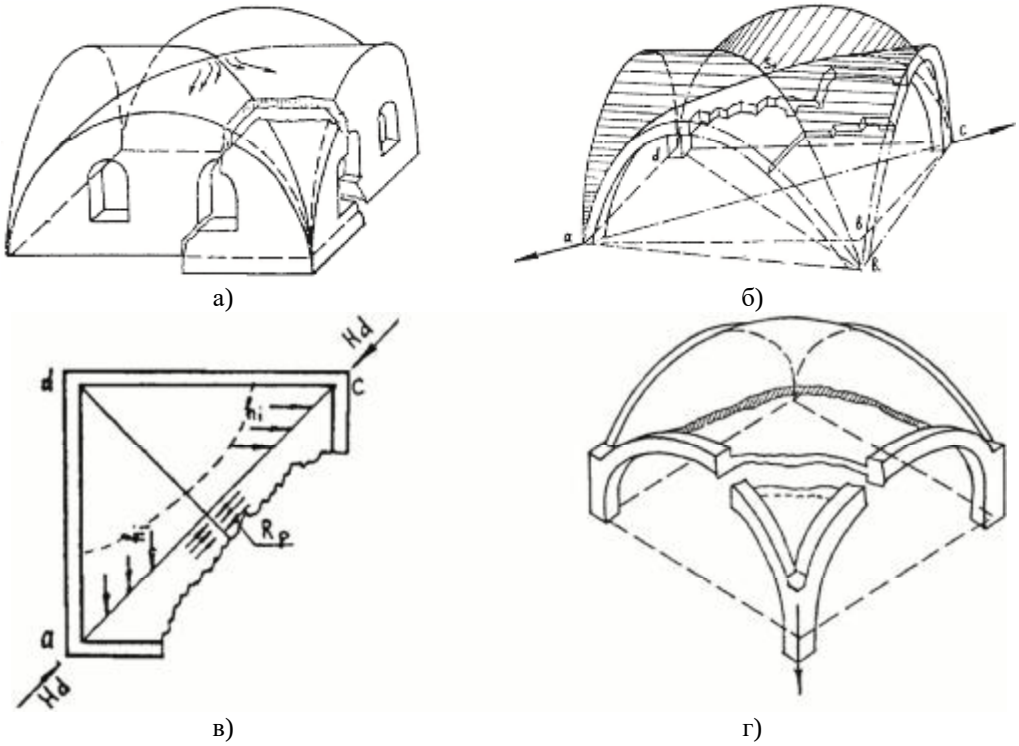


Рис. 1. Образование дублирующих схем:
а, б, в – в крестовых сводах; г – в парусных сводах;
R_p – сопротивление раствора в растянутой зоне кладки

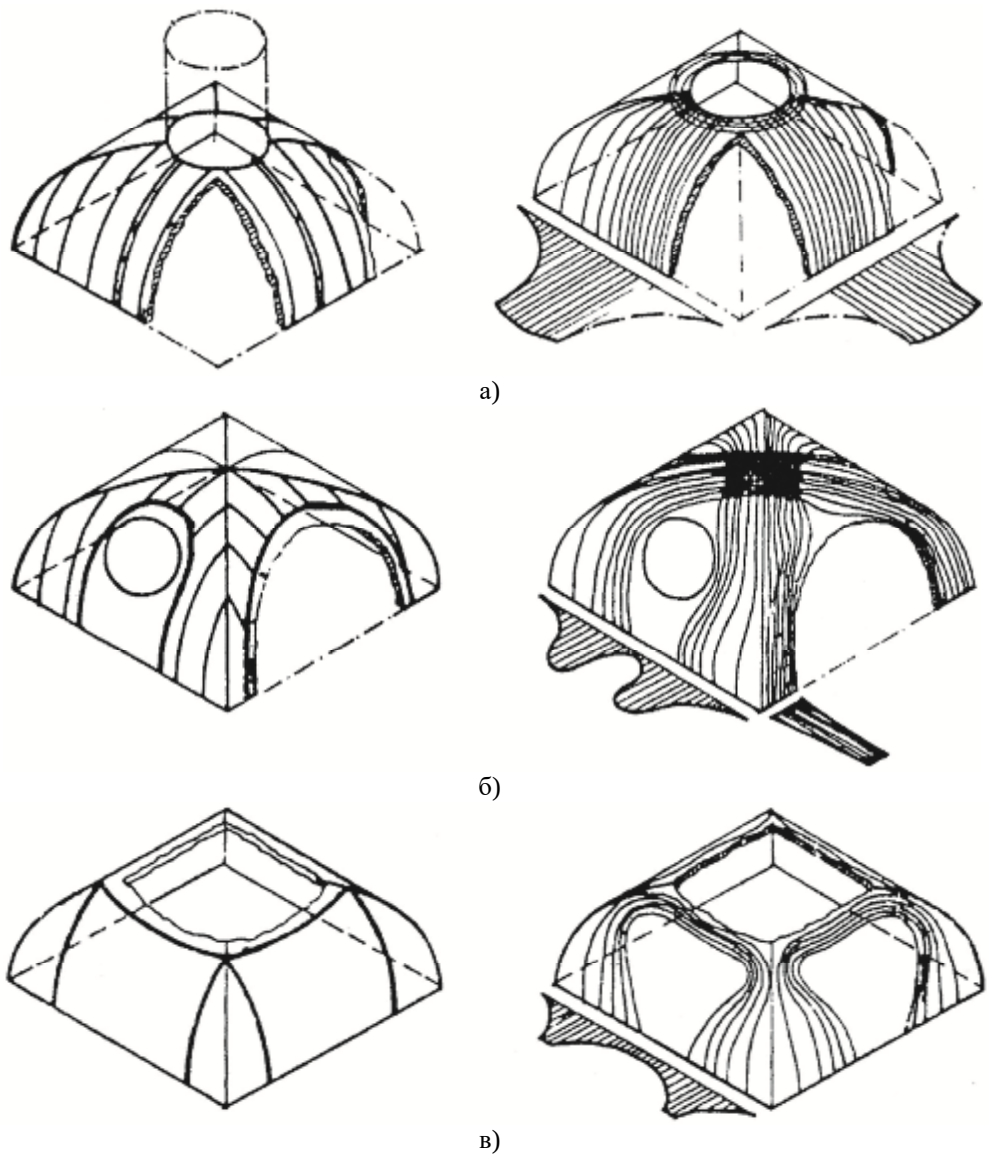


Рис. 2. Дублирующие схемы модели напряженного состояния и эпюры распора сомкнутого свода:
а – при обрушении угла; б – при обрушении лотка;
в – при обрушении центральной лотковой части

Рабочие схемы распорной системы сводов

Рассмотрим более детально механизм видоизменения первоначальных основных и дублирующих рабочих схем. В процессе эксплуатации рабочая схема распорной системы меняется в соответствии с техническим состоянием конструкции. Возможны три таких состояния: начальное, усложненное и критическое, за которым уже следует ожидать обрушение. Им свойственна основная, дублирующая (рис. 1-2) или одновременно обе рабочие схемы. Но при этом следует отметить, что объем работы, выполняемой основной и дублирующей схемами различен. Так, по мере увеличения деформаций элементов основного направления этот объем постоянно возрастает. Подтверждением вышесказанного служит исследование вспарушенного свода центрального нефа Благовещенского собора в Нижнем Новгороде [5], где при критическом состоянии системы дублирующая рабочая схема, работающая в продольном направлении, обеспечила устойчивость свода. Такая перестройка весьма согласуется с существующими теоретическими понятиями расчета, согласно которым давление передается нормально к поперечным или продольным швам кладки. Однако надо отметить, что несколько иная картина раскрывается в перевязанной кладке, которая берет на себя усилия сдвига вдоль швов. Здесь изменение рабочей схемы возникает из-за ступенчатого, косого перераспределения нагрузки на соседние участки под определенным

углом к швам того или иного направления. От перевязки кладки во многом зависит как будут перераспределяться усилия при различных воздействиях, изменяющихся в процессе эксплуатации, при повышенных нагрузках. Главное влияние на успешное перераспределение нагрузок и комплексную работу прилегающих друг к другу элементов оказывают три фактора: 1) монолитность кладки, 2) ее прочность и 3) насколько сильна перевязка швов. В том случае, когда хотя бы один из этих факторов не учитывался экспертами, мы встречаем ошибочные заключения специалистов о перспективном развитии деформаций и сроках наступления критической, предаварийной стадии в состоянии распорной системы [9].

Анализ примеров работы дублирующих схемсводов при деформациях

Характерно, что в сомкнутых, коробовых и лотковых сводах не возникают точечные концентрации распора и давления. Благодаря этому они более чувствительны к деформациям лотков, просадкам столбов и несущих стен и к местным повреждениям. Такое свойство перераспределять нагрузку, переносить ее с центральной части на углы давало возможность устраивать проемы, люки, распалубки, отверстия барабанов.

Характерным примером работы дублирующей схемы при обрушении: а) лотка; б) угла; в) центральной лотковой связи может служить сомкнутый свод церкви Рождества в Городне [10]. Обрушение углового блока не нарушило устойчивость, т.к. рабочая схема не изменила своего характера. При обрушении центральной лотковой части равновесие было обеспечено тем, что сохранившаяся часть лотка, соседствующая с ребром, противодействовала распору (рис. 2). Кроме того, имела место надежная, усиленная перевязка с кладкой и малая величина пролета при консольной схеме работы.

При обрушении замковой части свода, кроме вышеперечисленных причин равновесия системы, немаловажное значение приобретают силы продольного обжатия участков свода, которые непосредственно примыкают к отверстию.

Анализ различных примеров [11] показывает, что дублирующие схемы, позволяющие избежать обрушения свода, возникают в подъемистых сводах при малом их пролете. Монолитность кладки должна обеспечить работу отдельных элементов рабочей схемы как безраспорным конструкциям. Усилия изгиба, возникающие в кладке, сводятся на нет за счет сцепления раствора. На примере парусных и крестовых сводов можно наблюдать, как образовавшиеся дублирующие схемы позволяют сохранить первоначальную рабочую схему при деформациях столбчатых опор, таких как осадка или сдвиг, до тех пор, пока обжатие диагонали и сцепление раствора будут сводить на нет сдвигающие и растягивающие усилия от изгиба. Иллюстрацией того, что при деформации основания, обрушении ребра или части свода, распалубки сохраняется равновесие системы, могут служить примеры Преображенского и Благовещенского соборов в Нижнем Новгороде [11]. Объяснение этому одно – это сильно перевязанная жесткая кладка.

В случае просадки центральной опоры в трапезной палате Троицкого собора в Архангельске подпружные арки, опирающиеся на нее, отделились от сводов, испытавших одностороннее воздействие. Но рабочая схемы при этом сохранилась (рис. 3-4).

Из вышеизложенного исследования следует, что действительный распор распорных систем кладочных конструкций меньше теоретического распора. За счет сцепления раствора кладка воспринимает сопротивление в растянутой зоне и работает на балочной схеме. Иначе говоря, кладка берет на себя вертикальные усилия, а опоры, как и любая балка криволинейной формы, освобождаются от горизонтальных воздействий (рис. 4).

Распор кирпичной арки кладочной структуры обычно меньше, чем теоретически подсчитанный из-за того, что часть балочного момента гасится действием внутренней пары:

$$M' = R_p \cdot h_p \cdot z,$$

где R_p – расчетное сопротивление растяжению раствора при изгибе по перевязанному сечению; h_p – величина растянутой зоны сечения; z – плечо внутренней пары.

Истинный распор кирпичной арки H' следует определять по формуле:

$$H' = \frac{M_б - M'}{f};$$

где $M_б$ – балочный момент от нагрузки; f – длина стрелы арки.

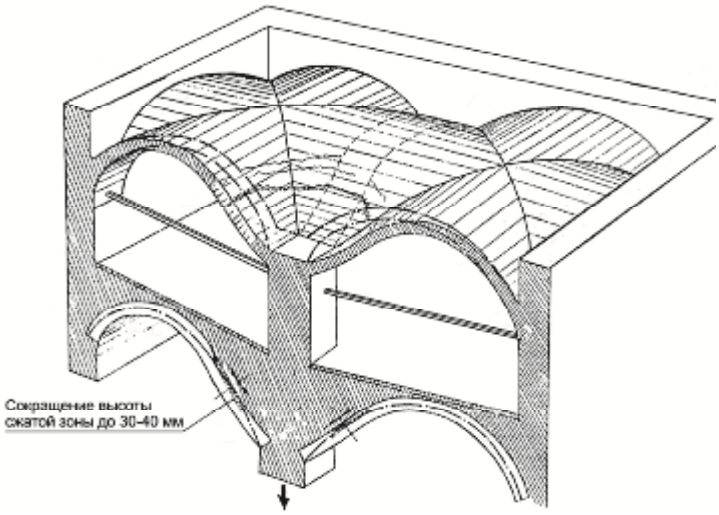


Рис. 3. Схема деформации системы крестовых сводов,
при просадке центрального столпа, с сохранением начальной рабочей схемы
(Большая трапезная палата Троицкого собора в Астрахане 1597-1603 гг.)

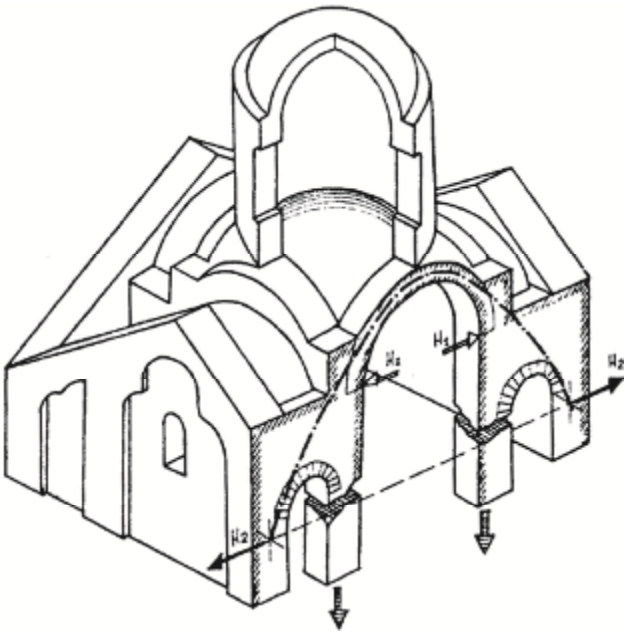


Рис. 4. Формирование дублирующей бесстолпной рабочей схемы
в связи с потерей центральных опор

Полученные выводы практически значимы, т.к. если не учитывать различия в величинах действительных и теоретических распоров подпружных центральных арок, то это может привести к ошибкам при оценке технического состояния крестово-купольных систем, при прогнозировании его изменения и выработки рекомендаций по реконструкции и консервации памятника архитектуры. Авторами была выполнена систематизация основных видов деформаций распорных систем покрытий культовых сооружений.

Независимо от типа сводов, зоны с максимальными сдвигающими или растягивающими напряжениями, являются слабым звеном системы. Здесь в местах стыковки деформационных блоков, в местах расположения технологических швов, а также на участках, где имеются слабые перевязки швов, возникают продольные трещины. В отличие от них второй тип трещин перпендикулярен плоскости деформаций. Для различных типов сводов характерны свои места расположения трещин.

Обобщая опыт, приходим к следующему заключению. В крестовых системах при сдвиге и просадке опор характерно появление трещин вдоль ребра, поперек подпружных

арок, вблизи опор, перпендикулярно диагональному ребру; при наличии провисания замковой части трещины возникают вокруг нее, а также вдоль оси распалубок.

В цилиндрических системах трещины в основном наблюдаются на нижних поверхностях или по линии смыкания в угловых участках, в местах соприкосновения с распалубками или непосредственно около центральных просевших столбов.

Если нет воздушных связей, то трещины в крещатых сводах возникают на наружной стороне центральных арок на уровне:

$$\frac{2}{5}f, \frac{1}{2}f,$$

где f – расчетная длина стрелы арки; а также между угловыми участками свода и центральными арками.

Аналогично, на наружной поверхности в тех же зонах, характерно возникновение трещин и в сомкнутых системах, только в несколько другом диапазоне уровней:

$$\frac{1}{3}f, \frac{1}{2}f \text{ от пяты свода.}$$

Традиционный вид трещин и появление раскрытых швов наблюдаем при хрупкой деформации, возникающей в сухой кладке, выполненной на известковых и сложных растворах низких марок. При наличии высокопрочных растворов по мере нарастания усталостной деформации возрастают скачкообразно. Важно учитывать тот факт, что при пластичной кладке с повышенной влажностью трещины могут не образовываться вплоть до потери равновесия системы и обрушения свода.

Обращает на себя внимание исследования зарубежных ученых по компьютерному моделированию устойчивости каменных сводов с учетом статических и динамических нагрузок [12].

Заключение

В данном исследовании проявлен инновационный подход, отличающий его от существующих аналитических разработок тем, что базируется на инженерной специфике причин технического износа, а не на описании наблюдаемых локальных дефектов. Материальная ориентация работы позволяет выявить скрытые причины деформаций, характерные только для кирпичных и каменных сводов, выполненных с использованием технологий возведения и специальных рецептур растворов, применявшихся в сводах, оболочках и арках культовых сооружений.

Систематизация характерных видов деформаций сводов, определение действительного распора кирпичных и каменных систем, выявление резервов распорных систем за счет различных типов дублирующих схем представляет практический интерес и дает возможность внести коррективы в устоявшуюся практику оценки технического состояния конструкций и выработки экспертных рекомендаций по реконструктивным мероприятиям.

Список библиографических ссылок

1. Лахтин Н. К. Расчет арок и сводов. СПб. 1911. 106 с.
2. Talley K. G., Kapitan J. G., Breen J. E. Method for appraximation of ASR/DEF damage in vaults // ACI Structural journal. 2016. № 113-01. P. 105–110.
3. Bonetti R., Wollman R., Sandos J.T. Bearing strength of confined concret // ACI Structural journal. 2015. № 3-06. P. 1317–1328.
4. Yu J., Yu K., Shang X., Lu Z. New extended finite element method for pinching effekt in reinforced concrete vaults // ACI Structural journal. 2016. № 113-04. P. 689–699.
5. Балковски Ф. Д. Сонирование исторических зданий. М. : Стройиздат. 2011. 106 с.
6. Павлов В. В., Хорьков Е. В. Восстановление работоспособности каменных арок и сводов // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 65–70.
7. Изоркин А. В. Ядрин: исторический очерк. Чебоксары : Калем. 2013. 232 с.
8. Давыдов А. И. Троицкий собор Выксунского Иверского монастыря // Приокская глубинка: краеведческий альманах. 2008. № 3. С. 41–50.

9. Мерзлютина Н.А. Богоявленская (Симоновская) церковь города Юрьевца // Архитектурное наследство. 2015. № 62. С. 101–118.
10. Агафьева Т. С. Ансамбль Гародненского монастыря – памятник архитектуры XVI-XVIII века // Приокская глубинка: краеведческий альманах. 2012. № 4. С. 18–40.
11. Свод памятников архитектуры и монументального искусства России. Владимирская область в 6 ч. Ч. 1. М. : Наука. 2000. 813 с.
12. Valentina B., Gianni R.-C., Alessandro T. The role of frictional contact of constituent blocks on the stability of masonry domes // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. January 2018. Vol. 474, Iss. 2209. P. 1–21.

Khabibulina Albina Gomerovna
candidate of economic sciences, associate professor
E-mail: albgomer@mail.ru
Ivanova Elena Yurevna
senior lecturer
E-mail: ivanova.e.u@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenayast., 1

Spatial coverage with the use of thrust systems masonry structures

Abstract

Problem statement. Identification and systematization of characteristic deformations of spacer systems, determination of the nature and degree of engineering intervention, in the process of restoration or conservation of religious buildings.

Results. The analysis of work of arches under the influence of destructive factors is given. The reserves of spatial spreading systems of the masonry structure and the possibility of reconstructing the initial working patterns in the process of centuries-old exploitation are revealed. The paper presents duplicating schemes for various types of deformation; systematization of characteristic types of deformations of cylindrical, cross, closed and baptismal arches was carried out and traditional places of their localization were revealed. The proposed engineering-analytical approach to researching the technical state of centuries-old spacer systems can serve as a reference point for the development of reconstructive measures and the determination of the scope and content of reconstructive interventions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture is that the revealed regularities and changes in the working schemes of the spacer systems in the process of action of the destructive factors make it possible to make corrections to the traditional research technique in assessing the technical state of the spacer systems and calculations related to predicting the loss of their stability.

Keywords: stable, constructive scheme, vault, arch, analisis, reienforcement, reconstruction.

References

1. Lakhtin N. K. Calculation of archs and vaults, SPb. 1911. 106 p.
2. Talley K. G., Kapitan J. G., Breen J. E. Method for appraximation of ASR/DEF damage in vaults // ACI Structural journal. 2016. № 113-01. P. 105–110.
3. Bonetti R., Wollman R., Sandos J. T. Bearing strength of confined concret // ACI Structural journal. 2015. № 3-06. P. 1317–1328.
4. Yu J., Yu K., Shang X., Lu Z. New extended finite element method for pinching effekt in reinforced concrete vaults// ACI Structural journal. 2016. № 113-04. P. 689–699.
5. Balkovski F. D. Sanitation of historic buildings. M. : Stroiizdat. 2011. 80 p.

6. Pavlov V. V., Khor'kov E. V. Restoration of working capacity of stone arches and vaults // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. № 6 (65). P. 65–70.
7. Izorkin A. V. Yadrin: historical review. Cheboksary : Kalem. 2013. 232 p.
8. Davidov A. I. The Trinity Cathedral of Vyksa Iversky monastery // Priokskaya glubinka : almanac of local lore. 2008. № 3. P. 41–50.
9. Merzlyutina N. A. Epiphany (St. Simon's) Church in Yurevets // Architecturnoe nasledstvo. 2015. № 62. P. 101–118.
10. Agafieva T. S. The ensemble of Garodnensky monastery – architectural monument XVI-XVIII centuries // Priokskaya glubinka: kraevedcheskiy almanakh. 2012. № 4. P. 18–40.
11. Set monuments and monumental art in Russia. Vladimir region in 6 v. V. 1. M. : Nauka. 2000. 813 p.
12. Valentina B., Gianni R.-C., Alessandro T. The role of frictional contact of constituent blocks on the stability of masonry domes // Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. January 2018, Vol. 474. Iss. 2209. P. 1–21.

УДК 72.01
Хасанов Ринат Раилевич
архитектор
E-mail: hvsvnov@gmail.com
ООО АСК «Space for Soul Architects»
Адрес организации: 420029, Россия, г. Казань, ул. Кави Наджми, д. 5
Киносьян Наталья Станиславовна
старший преподаватель
E-mail: kinosa@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Принципы архитектурно-градостроительной организации устойчивых городских набережных

Аннотация

Постановка задачи. В последнее время для роста и развития современных городов важную роль играет вода. Вода создает пространство с отличными условиями для отдыха и прогулок. Она формирует структуру города, повышает ценность городских пространств. Особое внимание уделяется ревитализации городских набережных и бывших портов, а также повышению качества их архитектурно-пространственной организации. Устойчивое развитие прибрежных территорий играет важную роль для города в условиях экологического кризиса и повышает его шансы в борьбе за конкурентное преимущество между городами. На сегодняшний день современные подходы и принципы устойчивого развития городских набережных не в полной мере изучены. Цель исследования – анализ примеров из современной зарубежной практики проектирования набережных, исследование принципов в аспекте устойчивого развития, их систематизация и классификация.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении принципов устойчивого развития набережных.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении принципов устойчивого развития набережных, которые могут лечь в основу проектирования новых набережных.

Ключевые слова: принципы архитектурно-градостроительной организации, устойчивое развитие, устойчивые городские набережные, прибрежные территории, благоустройство, организация общественных пространств, экология.

Введение

Города XXI века сталкиваются с бесчисленным количеством проблем: эффективное использование территорий, уплотнение застройки, структурные изменения, устойчивость в экологическом, экономическом и социальном плане. Устойчивость отвечает в частности за качество проектирования городских пространств как мест для социализации и коммуникации горожан, предлагающих различные сценарии использования. Выбирая между глобализацией и сохранением идентичности, городам необходимо выработать стратегический план по развитию собственного наследия. Прибрежные территории представляют собой последние экспериментальные зоны, дизайн которых должен решать вышеупомянутые проблемы и генерировать новые импульсы для города. Современные жилые районы на набережных часто отличаются знаковой архитектурой, наличием парков и променадов. Данные районы, как правило, всерьез обеспокоены сохранением исторического и культурного наследия города. Развитие прибрежных территорий представляет собой «отправную точку для возрождения города и его смещения в международный контекст» [1].

Опыт городов, расположенных на берегах водоемов, показывает, что особую актуальность приобретают также вопросы дестабилизации экологической обстановки, деградации озелененных территорий, загрязнения городских водоемов. Все это приводит к ухудшению качества жизни горожан. Необходим пересмотр подходов к организации

рекреационных пространств набережных, которые, прежде всего, должны отвечать принципам устойчивости и бережного сохранения существующей ландшафтной структуры города. Развитие набережных неразрывно связано с экологической безопасностью города. Качество функциональной организации городских набережных не в полной мере отвечает современным требованиям: экологической безопасности, комфортности, эстетической привлекательности. В условиях активной урбанизации городов необходимо уделять особое внимание природным комплексам набережных, их сокращение приводит к необходимости создавать современные подходы и принципы для сохранения и развития устойчивой природной среды города.

Проблема устойчивого развития городских набережных все чаще поднимается во многих теоретических трудах. Особый вклад в исследование данной проблемы внес доктор архитектуры, профессор Кафедры урбанистики и дизайна городской среды СПбГАСУ В.А. Нефедов. В своей книге «Как вернуть город людям» рассматривает, как с помощью грамотной архитектурно-пространственной организации набережных обеспечить оптимальную экологическую ситуацию в городе и максимально адаптировать природную среду к изменяющимся интересам людей [2]. Датский архитектор Я. Гейл в своей книге «Города для людей» отмечает, что экологически устойчивый город должен быть компактным и с развитыми маршрутами устойчивого транспорта, такими как: ходьба, езда на велосипеде, общественный транспорт. Также отмечается, что необходимо наращивать количество комфортных общественных пространств и чистых водоемов [3].

Феномен городской набережной

В последнее время города размещали на своих прибрежных территориях порты и промышленные объекты. Начиная с середины XX века данные территории все чаще теряли свою востребованность и становились заброшенными. Причиной тому послужило снижение спроса на транспортировку грузов по воде, отдав предпочтение другим способам транспортировки, перемещение портов и объектов промышленности с центральных районов на окраины города, а также структурные изменения в ряде западных стран, связанные с деиндустриализацией. У городов появился новый шанс для более грамотного использования данных территорий. С 1960-х годов набережные вновь обретают свою пространственную важность, будучи воспринятыми как ресурс городского дизайна [4]. Кроме того, набережные обладают природным ресурсом, который особенно ценен, но, в то же время, он ограничен и не возобновляем. Прибрежные территории обладают особой привлекательностью и рекреационной ценностью для людей. Для городского дизайна ценность набережной состоит в необходимости размещения на ее территории различных пространств, позволяющих по-разному ее использовать.

Постепенно порты в центральной части городов утрачивают свое первоначальное значение и становятся частью городского центра. Таким образом, площадь центра города увеличивается, а бывшие портовые территории предлагаются жителям. Вода - это символ качества жизни горожан, имеющий важное значение для города. Развитие набережных считается одной из самых важных и всеобъемлющих задач современного городского дизайна. В данной области архитектурные и градостроительные эксперименты могут сочетаться с концепциями экологической, экономической и социальной устойчивости [5].

Устойчивое развитие

Современное понимание устойчивости или устойчивого развития основано на докладе «Наше общее будущее», опубликованное премьер-министром Норвегии Гру Харлем Брунтланн во время Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развитию в ООН в 1987 году. Исходное определение: «Устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». Пониманию устойчивости послужила также Конференция ООН по вопросам окружающей среды и развитию в Рио-де-Жанейро, прошедшая в 1992 году. Концепция устойчивого развития представляет собой принцип действия, который старается сочетать экологические, экономические и социальные точки зрения. По итогам конференции в Рио-де-Жанейро определена «Повестка дня на XXI век» и рекомендован креативный комплексный подход к

обеспечению устойчивого развития. После публикации «Повестки дня на XXI век» страны-участницы включили в свои процессы принятия решений вопросы, касающиеся экологической безопасности, социальной справедливости и экономической эффективности [6]. С тех пор аспект устойчивости должен учитываться в любой сфере деятельности человека, в частности, в области архитектуры и градостроительства.

Таким образом, устойчивое развитие набережных должно улучшать условия жизни горожан, учитывая экологические, экономические и социальные точки зрения. Устойчивая набережная – это «место, где люди различного социального статуса и возраста могут жить, работать, играть, гулять и учиться таким образом, чтобы укреплять и преумножать красоту, разнообразие, экономическую стабильность, возможности, креативность, наследие и природную городскую среду» [7]. Кроме того, «популярным признаком успешного развития набережной считается ее возвращение горожанам и туристам – это доказательство того, что жизнь в городе продолжается» [8]. Для выполнения вышеуказанных условий проектирование городской набережной должно опираться на следующие критерии устойчивого развития.

Критерии устойчивого развития набережных

Защита окружающей среды – основополагающее условие для успешного развития городской набережной. Прибрежные территории представляют собой часть общей экосистемы мира. С одной стороны, необходимо сохранять естественную экосистему, с другой – ее текущий потенциал должен быть усилен. Территории, на которых ранее размещались объекты промышленности, прекрасно подходят для данной задачи.

Защита окружающей среды также достигается также путем снижения потребления энергии и повторного использования ресурсов. Данные меры также дают значительный ресурсосберегающий эффект, позволяющий сэкономить городской бюджет. Достичь эффекта ресурсосбережения можно также путем использования альтернативных источников энергии, например, энергии солнца, ветра, воды и применения энергосберегающих осветительных приборов [9].

Набережные, как правило, имеют богатую экосистему, которую следует сохранять и развивать. Необходимо укреплять местное биоразнообразие с помощью разведения типичных для региона животных и выявления локальных видов растений, наиболее подходящих для оживления прибрежной территории и не требующих особого ухода.

Для того, чтобы защитить берега от размыва течениями, воздействия льда, ветра и волн необходима организация берегоукрепительных сооружений. В зависимости от варианта предполагаемого использования набережной необходимо применение разных типов укрепления берега. Для набережных в центральной части города хорошим решением значатся вертикальные подпорные стенки и откосы [5].

Набережная должна пониматься как неотъемлемая часть городской ткани. Набережная не должна конкурировать с городом, она должна дополнять городскую структуру и наоборот. Вместе с тем необходимо объединить существующее наследие города с его новой концепцией развития. Для устойчивого развития необходимо сохранение духа места, исторического и индустриального наследия города.

Для того, чтобы привлечь на набережную различные типы пользователей, необходимо предлагать разнообразные варианты ее использования. Проектируемая территория набережной должна располагать множеством культурных, социальных и коммерческих объектов, а также разнообразием сценариев жизни. Данная сбалансированная форма смешанного использования должна быть реализована в масштабе всей проектируемой территории и располагаться на первых этажах зданий [4].

Жилые кварталы должны быть смешаны как функционально, так и социально. Необходимо предусматривать разные сценарии жизни людей и создавать условия для многофункционального жилья – тогда дом будет пользоваться спросом. Жилые дома должны иметь небольшую долю социального жилья – это не только разнообразие, но и препятствие для социального расслоения. В итоге получается смешанное спокойное общество [10].

Общественное пространство набережной важно для устойчивого развития прибрежной территории в целом. Парки, озелененные территории, площади и променады должны быть спроектированы на качественном уровне и быть доступными для горожан и туристов в

любое время. Пространство набережной и оборудование должны быть благоустроены из высококачественных и долговечных материалов, пригодных для влажной прибрежной среды, выдерживающих интенсивную эксплуатацию и требующих минимального обслуживания. Для того, чтобы создать привлекательное общественное пространство, важно сохранять старое и привнести в него новое через понимание прибрежной территории как точки соприкосновения существующего города с водным пространством [8].

Проекты набережных требуют долговременной реализации. Они часто представляют собой задачу для более, чем одного поколения. Заинтересованные стороны данных проектов, в их числе: городской совет, инвесторы, девелопер, предприниматели, несут ответственность за реализацию проекта независимо от текущей экономической конъюнктуры [10].

Генеральный план набережной должен быть гибким и адаптируемым к краткосрочным изменениям, например, таким как изменение спроса на жилье. Или, например, если построить на набережной баскетбольную площадку, не предусматривающую альтернативного использования, то это будет неэффективным использованием места. Заполнить пространство – не значит занять его навсегда [11].

Развитие территории набережной – сложная задача, которую решают профессионалы многих дисциплин. Обмен опытом и знаниями между иностранными специалистами важен для развития устойчивости. Международное сотрудничество может быть полезным для обеих сторон, учитывая возможность того, что можно учиться друг у друга и иметь доступ к информации о наиболее важных завершенных или находящихся в стадии реализации проектах [5].

Многие из перечисленных критериев показывают на сколько сложна задача достижения устойчивости набережной. Изучение практической базы зарубежного опыта, демонстрирующей выполнение вышеуказанных целей, позволяет выявить принципы устойчивого развития.

Примеры из зарубежной практики, принципы

Изучение принципов устойчивого развития осуществлено в следующих проектах зарубежного опыта: набережные Фредерисии и Копенгагена в Дании, Торонто в Канаде, «Вассерштадт Оберхавель» в Шпандау и «Руммельсбургер Бухт» в Берлине, парк Сило в районе Виньярд в Окленде, набережная озера Веттерн в городе Йёнчёпинг, «Внутренняя гавань» в Балтиморе, район Хафенсити в Гамбурге, развитие системы озер Кабан в Казани.

Изучение зарубежного опыта показало, что на сегодняшний день не существует проекта, который соблюдал бы все принципы устойчивости. Таким образом, следующая классификация примеров из зарубежной практики описывает один конкретный принцип из каждого проекта. Выявленные принципы в значительной мере оказывают влияние аспекта устойчивости на общую стратегическую концепцию устойчивого развития набережной.

Защита окружающей среды

Впоследствии ликвидации бывших промышленных и военных складов с прибрежных территорий Берлина осталось множество заброшенных районов. Начало 1990-х годов считается отправной точкой для оживления набережной в Берлине. Здесь следует упомянуть такие проекты, как «Вассерштадт Оберхавель» в Шпандау и «Руммельсбургер Бухт». Архитекторы уделили большое внимание сохранению леса, парков и зеленых зон. Впоследствии этого в начале XXI века утвержден водный план. В нем рассмотрена в общей сложности 21 потенциальная зона для структурных преобразований на набережной. Целью проекта значится усовершенствование городских зеленых структур и улучшение баланса природы и застройки. Проекты набережных, разработанные в XXI веке, как правило, отличаются энергоэффективным походом. Особенно примечательны в данном контексте проекты набережных в Копенгагене, Амстердаме и Фредерисии [12].

Набережная, как неотъемлемая часть городской ткани

Отличительным признаком устойчивого развития набережной Фредерисии в Дании считается ее интеграция в городскую ткань. История Фредерисии как города-крепости прослеживается и по сей день: в городе сохранились укрепления и типичная для города

эпохи Возрождения сетчатая структура. Данная сетчатая структура, создавая расширенную сеть каналов и путей, используется для воды и центра города как инструмент градостроительства [12]. В результате этого новые районы глубоко интегрированы в существующую структуру города, сомасштабны и не спорят с историческим контекстом.

Сохранение исторического наследия

На территории набережной в Окленде в Новой Зеландии с 1880-х годов размещались промышленные объекты, порт, верфи, склады, автозаправочные станции, крупные инфраструктурные объекты и железнодорожные пути. В процессе ревитализации набережной в 2005 году архитекторы решили сохранить объекты промышленного прошлого в районе Виньярд. В настоящее время визитная карточка парка Сило – это восстановленная цементная силосная башня, территория вокруг которой представляет собой место проведения культурных мероприятий [13]. Кроме того, на территории размещены ранее использованные морские контейнеры, в которых разместилась информация для туристов. Сохранение промышленного наследия позволило старому и новому гармонично сосуществовать вместе, не нарушая исторический контекст.

Смешанное использование

Район Хафенсити в Гамбурге отличается тем, что использует принцип смешанного использования. Район делится на кварталы, каждый из которых в свою очередь предназначен для определенного сценария использования. Например, квартал «Оберхафен» позиционируется как место для творчества и культуры. Торговый центр Хафенсити располагается в квартале «Иберзееквартье». В жилых кварталах «Эльбторквартье» располагаются офисы, розничная торговля, гастрономия, гостиницы, услуги и учебные заведения. В квартале «Катариненшуль» расположены начальная школа, детский сад и жилье. А в строящемся квартале «Штрандкай» будут размещены жилые площади, услуги, розничная торговля, гастрономия и культура. Розничная торговля и кафе расположены на первых этажах большинства зданий [11].

Общественные пространства

Одним из наиболее важных проектов набережных считается проект набережной «Внутренняя гавань» в Балтиморе в США 1960-х годов. Бывшую промышленную гавань забросили. Она должна стать центром притяжения для жителей и туристов. Для данной цели разработали проект набережной, дополненный парками и садами. Новое общественное пространство обрело популярность и туда потянулись различные компании, предоставляющие услуги, отели и музеи [14]. Для повышения транспортной мобильности горожан разработана новая служба водного такси. Для того, чтобы закрепить успех городской набережной Балтимора принят план «Внутренняя гавань Балтимора 2.0» [15]. Основным положением плана было продолжение и расширение центральной набережной и связанных с ней общественных пространств.

Соучаствующее проектирование

Инициатива проектирования многих набережных исходит от властей города. Как правило, в таком случае общественность в процессе проектирования никак не задействована. Это может быть связано с низким уровнем гражданской инициативы или с низким уровнем информированности населения. Однако, как часто бывает, общественность в основном информирована, но неохотно соглашается на участие. Необходимо проводить обсуждение проекта и вести сотрудничество в рамках процесса принятия решений. Необходимо воспитывать в людях культуру соучаствующего проектирования на самых ранних этапах проектирования [11].

Долгосрочность планирования

Ранее упомянутый проект набережной в Балтиморе отличается своей долгосрочностью. Другим примером считается набережная в Торонто, представляющая собой крупнейший проект ревитализации в Северной Америке. Проектирование набережной началось еще в начале 1970-х годов, тогда предлагалось разместить на

территории невысокие жилые дома. В настоящее время архитекторы сформулировали общую концепцию набережной, приняв во внимание аспект устойчивого развития. Понимая долгосрочность проекта, следующие шаги к развитию набережной будут предприняты постепенно в течение многих лет. Другие примеры долгосрочных проектов – набережные в Окленде, Барселоне и Генуе [14].

Гибкость генерального плана

Проект Хафенсити в Гамбурге снова считается хорошим примером. Проектирование продолжалась в течение 25-30 лет, и за данное время произошло множество изменений. Генеральный план должен основываться на глубоком анализе основных функций и предназначений набережной, быть гибким и адаптируемым к возможным различным изменениям и учитывать возможности будущего развития. Поэтому утвержден генеральный план, основанный на абстрактных целях, которые не создают четких рамок. С одной стороны, это задает определенный вектор развития набережной, с другой – позволяет использовать различные интерпретации одной и той же задачи. Гибкость генерального плана позволила архитекторам переосмыслить использование участка набережной в ее восточной части спустя 10 лет после начала проектирования, построив там жилые дома. Необходимость переосмысления использования участка вызвана повышенным спросом на жилье в центре Гамбурга за последние годы [11].

Очистка вод

Качество воды в системе городских водоемов считается необходимым условием для всех набережных. Необходимо восстанавливать заброшенные берега и производить очистку воды. Например, проект развития системы озер Кабан в Казани предполагает способ очистки системой «губок» – расположение на территории резервуаров разных размеров, где скапливается и медленно очищается ливневая вода, возвращаясь затем в реку почти питьевой. Данным способ также возможно повторное использование сточных вод для орошения растений [16].

Устойчивый транспорт

Критерий набережной как устойчивого общественного пространства – использование устойчивых способов передвижения по городу, такие как ходьба, езда на велосипеде и общественный транспорт. Это необходимо для снижения негативного воздействия от выбросов загрязняющих веществ и шума. Набережная в Копенгагене считается хорошим примером. Набережная спроектирована таким образом, что она демонстрирует более дружелюбное отношение к пешеходам и велосипедистам. Транзитный трафик вдоль набережной ограничен путем сужения проезжей части, а где-то и вовсе запрещен. В городе хорошо развита система велодорожек, поэтому через каналы перекинуты велосипедные мосты [9].

Устойчивый дизайн

Устойчивый дизайн – инновационная, высокоэффективная и художественно выразительная практика. Использование переработанных материалов не только повышает уровень экологического комфорта, но и усиливает социальную и культурную значимость территории [17]. Например, на набережной озера Веттерн в городе Йёнчёпинг в Швеции в качестве материала для малых архитектурных форм использован переработанный экологически чистый и нетоксичный материал. Данный материал имеет множество преимуществ с точки зрения его обслуживания, прочности, долговечности и эстетических качеств по сравнению с древесиной. Также эффективным решением для набережной послужило размещение урн с возможностью сортировки мусора по типу отходов [18].

Заключение

Рассмотренный зарубежный опыт показывает, что города в течение многих лет игнорировали потенциал набережных. Для того, чтобы город стал узнаваемым и привлекательным необходимо заново открыть прибрежные территории для города. Грамотное освоение прибрежных территорий – это катализатор для устойчивого развития

города. Современный опыт развития городов показывает, что грамотное формирование набережных оказывает благоприятное воздействие на город в целом. К данным городам относятся Берлин, Копенгаген, Амстердам, Фредерисия, Окленд, Гамбург, Балтимор, Торонто, Барселона, Генуя, Казань и др., на основании опыта которых выявлены основные принципы устойчивого развития набережных. Выявленные принципы могут лечь в основу проектирования новых набережных.

Список библиографических ссылок

1. Giovinazzi O., Moretti M. Port Cities and Urban Waterfront: Transformations and Opportunities // TeMaLab journal of Mobility, Land Use and Environment. 2011. № 3. P. 57–64.
2. Нефедов В. А. Как вернуть город людям. М. : Искусство – XXI век, 2015. 160 с.
3. Гейл Я. Города для людей. М. : Концерн «Крост», 2012. 276 с.
4. Schubert D. Revitalisierung von brachgefallenen Hafen und Uferzonen. Transformationsprozesse an der urbanen Waterfront // Raumforschung und Raumordnung. 2001. № 90. P. 48–60.
5. Niemann B., Werner T. Strategies for the sustainable urban waterfront // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2016. № 204. P. 431–439.
6. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития «Наше общее будущее» // ООН : интернет-изд. 1987. URL: http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf (дата обращения: 16.03.2018).
7. Toronto Waterfront Revitalization Cooperation, Sustainability Framework // Waterfront Toronto : интернет-изд. 2014. URL: http://www.waterfrontoronto.ca/dbdocs/4a1fe4722fcae.pdf (дата обращения: 12.03.2018).
8. Hoyle B. Waterfront revitalization in East African port-cities // GeoJournal. 2001. № 53. P. 183–197.
9. Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века // Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 33 (52). С. 173–178.
10. Smith H., Garcia Ferrari M. Experiences in Participation in the Port City of Hamburg, Waterfront-Regeneration: Experiences in City-building. L., N-Y. : Routledge, 2012. С. 95–114.
11. Haass H. StadtWasser. Wasserkonzepte für die Stadtgestaltung. Stuttgart : Frauenhofer IRB Verlag, 2010. С. 79–85.
12. Fredericia C Phase 2, Development Plan // KCAP Architects and Planners : интернет-изд. 2011. URL: http://www.fredericiac.dk/~/media/fredericiac/dokumenter/holdenes%20forslag/fredericiac_kcap-ramboll-fakton_submission-phase-2_booklet.ashx?la=da (дата обращения: 20.03.2018).
13. Waterfront Auckland, the Waterfront Plan // Waterfront Auckland : интернет-изд. 2013. URL: https://www.waterfrontauckland.co.nz/getmedia/68b631ad-87ef-4501-b8cc-3083698b70da/39347-WAKL-Waterfront-Plan_Y.pdf.aspx/ (дата обращения: 21.03.2018).
14. You N., Louwaars S. Port Cities: Capitalizing on Re-Development with examples from Baltimore, Bilbao and Liverpool // Bollettino del Dipartimento di Conservazione dei Beni Architettonici ed Ambientali. 2011. № 9. С. 140-148.
15. Waterfront Partnership of Baltimore & Greater Baltimore Committee, Baltimore Inner Harbor 2.0 // Waterfront Partnership of Baltimore : интернет-изд. 2015. URL: http://baltimorewaterfront.com/wpcontent/uploads/2015/06/Inner-Harbor2-0-Master-Plan-compressed.pdf (дата обращения: 19.03.2018).
16. Спирина О., Куликова А. Экоберег. Ревитализация прибрежного парка отдыха в городе Салават // Архйорт : ежегодн. интернет-изд. 2016. URL: http://archyort.ru/article/view/4493 (дата обращения: 19.03.2018).
17. Быстрые победы // Моногорода.рф : интернет-изд. 2017. URL: http://моногорода.рф/uploads/knowledge_file/content/34/170421_Monotowns__Report_17.4_Quick_wins.pdf (дата обращения: 18.03.2018).

18. Rough & Ready Curve Bench All Black // Landezine : интернет-изд. 2016. URL: http://www.landezine.com/index.php/2016/08/roughready-curve-bench-all-black/ (дата обращения: 21.03.2018).

Khasanov Rinat Railevich
architect
E-mail: hvsvnov@gmail.com
LLC AB Comp. «Space for Soul Architects»
The organization address: 420029, Russia, Kazan, Kavi Nadzhmi st., 5
Kinosyan Natalia Stanislavovna
senior lecturer
E-mail: kinosa@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles for architectural and urban planning organization of sustainable urban waterfronts

Abstract

Problem statement. Recently, for the growth and development of modern cities, water plays an important role. Water creates space with excellent conditions for rest and walking. It forms the structure of the city, increases the value of urban spaces. Particular attention is paid to the revitalization of urban waterfronts and former harbors, as well as to improving the quality of their architectural and spatial organization. Sustainable development of waterfront territories plays an important role for the city in an environmental crisis and increases its chances in the struggle for a competitive advantage between cities. To date, modern approaches and principles for sustainable development of urban waterfronts have not been fully explored. The purpose of the study is to analyze examples from modern foreign practice of waterfronts design, study principles in the aspect of sustainable development, their systematization and classification.

Results. The main results of the study are to identify the principles for sustainable development of urban waterfronts.

Conclusions. The significance of the results obtained for the architecture is to identify the principles for sustainable development of urban waterfronts, which can form the basis for the design of new waterfronts.

Keywords: principles for architectural and urban planning organization, sustainable development, sustainable urban waterfronts, waterfront territories, landscaping, organization of public spaces, ecology.

References

1. Giovinazzi O., Moretti M. Port Cities and Urban Waterfront: Transformations and Opportunities // TeMaLab journal of Mobility, Land Use and Environment. 2011. № 3. P. 57–64.
2. Nefedov V. A. How to return the city back to people. M. : Iskusstvo – XXI vek, 2015. 160 p.
3. Gehl J. Cities for people. M. : Koncern «Krost», 2012. 276 p.
4. Schubert D. Revitalisierung von brachgefallenen Hafen und Uferzonen. Transformationsprozesse an der urbanen Waterfront // Raumforschung und Raumordnung. 2001. № 90. P. 48–60.
5. Niemann B., Werner T. Strategies for the sustainable urban waterfront // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2016. № 204. P. 431–439.
6. World Commission on Environment and Development report «Our Common Future» // UN : internet-edit. 1987. URL: http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf (reference date: 16.03.2018).

7. Toronto Waterfront Revitalization Cooperation, Sustainability Framework // Waterfront Toronto : internet-edit. 2014. URL: http://www.waterfrontoronto.ca/dbdocs/4a1fe4722fcae.pdf (reference date: 12.03.2018).
8. Hoyle B. Waterfront revitalization in East African port-cities // GeoJournal. 2001. № 53. P. 183–197.
9. Denisenko E. V. Biological criteria and bio approaches in architecture of XXI century // Vestnik VolgGASU. 2013. № 33 (52). P. 173–178.
10. Smith H., Garcia Ferrari M. Experiences in Participation in the Port City of Hamburg, Waterfront-Regeneration: Experiences in City-building. L., N-Y. : Routledge, 2012. P. 95–114.
11. Haass H. StadtWasser. Wasserkonzepte für die Stadtgestaltung. Stuttgart : Frauenhofer IRB Verlag, 2010. P. 79–85.
12. Fredericia C Phase 2, Development Plan // KCAP Architects and Planners : internet-edit. 2011. URL: http://www.fredericiac.dk/~/media/fredericiac/dokumenter/holdenes%20forslag/fredericiac_kcap-ramboll-fakton_submission-phase-2_booklet.ashx?la=da (reference date: 20.03.2018).
13. Waterfront Auckland, the Waterfront Plan // Waterfront Auckland : internet-edit. 2013. URL: https://www.waterfrontauckland.co.nz/getmedia/68b631ad-87ef-4501-b8cc-3083698b70da/39347-WAKL-Waterfront-Plan_Y.pdf.aspx/ (reference date: 21.03.2018).
14. You N., Louwaars S. Port Cities: Capitalizing on Re-Development with examples from Baltimore, Bilbao and Liverpool // Bollettino del Dipartimento di Conservazione dei Beni Architettonici ed Ambientali. 2011. № 9. P. 140–148.
15. Waterfront Partnership of Baltimore & Greater Baltimore Committee, Baltimore Inner Harbor 2.0 // Waterfront Partnership of Baltimore : internet-edit. 2015. URL: http://baltimorewaterfront.com/wpcontent/uploads/2015/06/Inner-Harbor2-0-Master-Plan-compressed.pdf (reference date: 19.03.2018).
16. Spirina O., Kulikova A. Eco-bank. Revitalization of the riverside park in Salavat-City // Archyort : yearly. internet-edit. 2016. URL: http://archyort.ru/article/view/4493 (reference date: 19.03.2018).
17. Quick wins // Monogoroda.rf : internet-edit. 2017. URL: http://моногорода.рф/uploads/knowledge_file/content/34/170421_Monotowns__Report_17.4_Quick_wins.pdf (reference date: 18.03.2018).
18. Rough & Ready Curve Bench All Black // Landezine : internet-edit. 2016. URL: http://www.landezine.com/index.php/2016/08/roughready-curve-bench-all-black/ (reference date: 21.03.2018).

УДК 72.01
Буштец Дарья Васильевна
архитектор
E-mail: dasha-byshtetc@mail.ru
Строительная фирма «Базис»
Адрес организации: 420021, Россия, г. Казань, ул. Каюма Насыри, д. 25
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

Реновация бывших промышленных территорий и объектов срединной зоны в общественные пространства

Аннотация

Постановка задачи. Целью данной статьи является обзор методов реновации бывших промышленных территорий, анализ существующих реализованных проектов.

Результаты. Основным результатом исследования является модель системы общественных пространств на территории бывших промышленных зон города Казани, при разработке которой учтен опыт проектирования.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что предлагаемое направление развития общественных пространств на основе анализа мирового и отечественного опыта обеспечит экологическое, экономическое улучшение городского пространства и укрепление социального взаимодействия жителей города.

Ключевые слова: реновация бывших промышленных зон, общественные пространства, срединная зона, промышленная зона, методы реновации бывших промышленных территорий.

Введение

В Казани, исторически возникшие, в 18 веке промышленные территории в силу особенностей своего формирования находились за пределами территории города. Границы города со временем стали расширяться. В довоенное время расширение территории города привело к включению промышленных территорий в структуру города. В связи с войной 1941-1945 гг. в Казань были перенесены многие промышленные предприятия, которые специализировались на военной продукции, они заняли значительную городскую территорию. В 1970-ых годах данные территории уже вошли в черту города, но еще считались периферией. В период массовой застройки территории за границами промышленных зон стали застраиваться жилыми кварталами. Сегодня наблюдается картина, когда промышленные и коммунально-складские территории оказались между центральной частью и «спальными» районами [1]. Зона, которая находится между историческим ядром и новой застройкой, содержащая в основном промышленные и коммунально-складские территории, называется «срединной». Территории промышленных и коммунально-складских объектов в срединной зоне были закрыты для городских функций и транспортных связей, тем самым они создают препятствия и затруднения в структуре транзитных связей. Окруженные со всех сторон промышленные территории «застыли» в своем времени. Некоторые промышленные объекты уже не функционируют, а значит, территории пустуют. Но в силу отсутствия транспортных связей в срединной зоне, территории пока не получают нового развития. Авторами, которые внесли вклад в разработку теории срединных зон, являются Ле Корбюзье, А.Э. Гутнов, экономист Р. Флорида, К. Александер, А. Бурден, В.И. Вершинин, Л. Коган, Р. Сеннет.

Анализ фрагмента промышленных зон в срединной зоне в г. Казани

Для описания процессов, происходящих в городе, используются такие градостроительные понятия как: каркас и ткань. Каркас – относительно неизменяемая,

устойчивая во времени основа пространственно-планировочной организации градостроительной системы, в городе – это главные оси и узлы транспортной инфраструктуры с тяготеющими к ним территориями, занятыми важнейшими объектами города, капитальной застройкой. Ткань – территории, освоенные менее интенсивно (жилые или промышленные районы, рекреационные зоны и лесные массивы, незастроенные территории). Тканью является заполнение каркаса.

Модель «каркас-ткань» предложена советским градостроителем А.Э. Гутновым. Интенсивность пространственного освоения территории является, по мнению Гутнова, определяющей характеристикой территории в городских условиях, опосредованной ее функциональным использованием.

Для анализа промышленных зон принята территория в Казани в границах улиц Аделя Кутуя, Родина и Гвардейской. Эта территория находится в двадцати минутах езды от центра, имеется хорошая транспортная инфраструктура вокруг. Территория на 77 % состоит из промышленных предприятий и коммунально-складских объектов. Каркас данной территории не имеет четкой планировочной структуры, так как здесь располагаются большое количество различных промышленных предприятий. Тканью являются территории складского назначения, гаражи и цеха. Согласно новому генеральному плану города Казани, на месте промышленных зон в срединной зоне планируется строительство жилых комплексов с высокой долей общественных функций, а также новая деловая застройка с долей жилых функций. Промышленные и складские предприятия предусматривается перенести за существующую черту города или в другой регион (рис. 1).

Рис. 1. Фрагмент исторически сложившегося градостроительного каркаса в срединной зоне Казани

Прежде чем реорганизовывать данную территорию необходимо провести анализ использования территории и сформировать общественные пространства, как первоочередное мероприятие, обеспечивающее улучшение качеств рассматриваемой территории.

Актуальным аспектом развития города становится конверсия и перепрофилирование промышленных и коммунально-складских территорий в срединной зоне под необходимые городу функции [2]. Этому процессу должно сопутствовать формирование системы открытых общественных пространств, значение которых трудно переоценить, поскольку они будут способствовать развитию общественных связей, общению и взаимодействию между жителями. Налицо нехватка общественных функций, которые улучшат экономическую ситуацию в данной зоне.

Классификации общественных пространств

Для полного понимания термина «общественные пространства», следует рассмотреть его с нескольких сторон. Выделяется несколько значений термина «общественное пространство»:

1. градостроительное определение: «общественное пространство – открытое незастроенное городское пространство, одинаково доступное для всех жителей и гостей

города; к общественным пространствам относятся дороги, улицы, городские парки и скверы, зеленые зоны, набережные»[1].

2. юридическое определение: «общественное пространство – свободные от транспорта территории общего пользования, а также наземные, подземные, надземные части зданий и сооружений (галереи, пассажи, атриумы и другие), специально предназначенные для использования неограниченным кругом лиц в целях досуга, проведения массовых мероприятий»[2].

Общественными пространствами занимались как архитекторы, так и психологи. Теоретики архитектуры рассматривали механизмы влияния архитектурной среды на человека, причём многие из них уделяли большое внимание именно форме пространства, образованного архитектурными сооружениями. Психологи предпочтение отдавали изучению внутренних состояний человека, его ощущений комфорта, защищенности, эмоционального состояния и поведения. Для анализа общественных пространств применены два свойства: доступность с точки зрения возможностей посещения горожанами, и открытость-закрытость с учетом качеств самого пространства [3].

На основе нижеприведенных классификаций можно увидеть широкий спектр возможных общественных пространств, различающихся по своим качествам. Деление по шкалам: «открытость-закрытость» в диапазоне от самого открытого в городе пространства, такого как парк до самого закрытого стадиона. Открытое городское пространство располагает к активным проявлениям жизни жителя, переживание пространственных ощущений, настраивает человека на взаимодействие с другими индивидами. Особенности закрытого городского пространства наиболее ярко прослеживаются на примере общественных зданий, таких как многоуровневые комплексы, связывающие зрелищные заведения, магазины и метро в единую полифункциональную систему. Здесь человек предоставлен себе как днём, так и в вечернее время, независимо от времени года. Современная искусственная среда включает и урбанизированные, и природные элементы – зимние сады, бассейны и даже аквапарки, здесь возможны различные сценарии поведенческой деятельности. Комбинированное городское пространство совмещает в себе возможности открытого и закрытого пространства, здесь возможен широкий спектр видов деятельности, в том числе и нуждающихся в защите от погодных условий. Многофункциональность комбинированного пространства позволяет быстро переключаться с одного вида деятельности на другой, и при условии развитой инфраструктуры позволяет экономить силы и время (рис. 2).

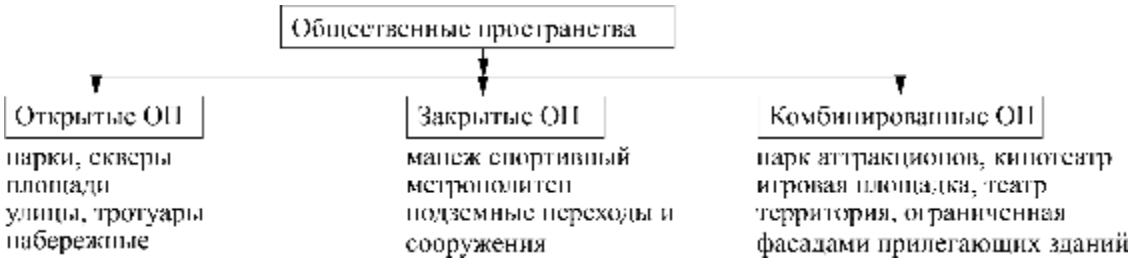


Рис. 2. Классификация общественных пространств по характеру ограничения доступа

Понятие «принадлежность» больше относится к форме социального контроля или собственности. Диапазон варьируется плавно от доступного всем до доступного только жителям данного места, персоналу и т.д. Какое именно пространство необходимо для конкретного места, зависит от окружения, состояния территории. Общественное пространство, отвечающее требованиям комфортной жизни в городе, наиболее точно отражает все пожелания и потребности людей (рис. 3).

[1]Градостроительный словарь терминов.
[2]Закон г. Москвы от 27.04.2005 № 14 «О генеральном плане города Москвы».

Рис. 3. Классификация общественных пространств по типу принадлежности

Реновация бывших промышленных территорий и объектов

В последнее время происходит включение бывших территорий предприятий в жизнь города и его жителей. Для этого используется такой процесс как реновация промышленных территорий и объектов. Слово «реновация» стало активно использоваться в области архитектуры и строительства. Оно означает переворот, изменение функциональной направленности территории. Процесс реновации для Казани очень актуален, так как уже сегодня идет перенос нескольких крупных предприятий, как за территорию города, так и в другие регионы страны.

Есть три ситуации, свидетельствующие о необходимости процесса реновации:

1. предприятие не функционирует, территории бесхозны, например, долгое время территория Льнокомбината в Казани была запущена, объекты промышленности были в плачевном состоянии;

2. предприятие переносится за черту города, например, вертолетный завод отказался от территории в Адмиралтейской слободе, и в 2018 году он планирует вынести все производственные мощности с этой территории, таким образом, на территории в 20 га предполагается строительство жилья [4];

3. предприятие находится в непосредственной близости к жилой застройке, отсутствует санитарно-защитная зона; для отдельных типов опасности казанских предприятий, например, такая зона должна быть не менее 500 м, и это условие уже невозможно выполнить в пределах городской черты[3].

На основе представленных ситуаций реновации производится анализ промышленных и коммунально-складских территорий для определения правильного направления реновации. В ходе процесса реновации некоторые промышленные территории могут продолжать использоваться, но уже с перспективой перепрофилирования [5]. Характер реновации бывших промышленных территорий города в целях формирования общественных пространств в разных градостроительных условиях должен подчиняться нескольким принципам:

1. уменьшение территории промышленных зон; их озеленение позволяет снизить загрязненный фон окружающей среды и города в целом, обеспечивая бывшей промышленной территории в зоне показатель предела допустимого уровня;

2. создание общественных пространств на реорганизуемых промышленных территориях;

3. обеспечение преемственной связи поколений, сохранение постиндустриальной городской среды.

Бывшая промышленная территория зачастую нуждается в экологическом вмешательстве. Таким образом, происходит улучшение качеств среды и появляется возможность использовать освободившуюся территорию. Реновация экологическим путем проводится в двух направлениях:

1. обновление территорий – бывшую промышленную зону озеленяют высокоствольными деревьями, проводят специальные мероприятия, благодаря которым ее защитные качества становятся на порядок выше;

2. перепрофилирование проводится при условии снижения всех видов воздействия на среду обитания до предельно допустимой концентрации при химическом и биологическом воздействии и предельного допустимого уровня (ПДУ) при воздействии

[3]СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 от 10.04.2003 г.

физических факторов с учетом фона [6]; данный способ подходит для территорий, которые продолжают использоваться.

Оба эти направления могут применяться одновременно для предприятий, которые не используют свою территорию полностью и предприятий продолжает работать на меньшей площади; освободившаяся же проходит обновление озеленением.

При этом на подвергшейся реновации территории продолжают оставаться определенные пустующие объекты. Такими объектами являются ангары, цеха, склады, гаражи. Для каждого типа объектов выработаны свои методы адаптации их в сохраняемую структуру территории [7]:

- первый – метод аппликации, базирующийся на создании новой композиции фасада, основываясь на уже сложившейся конструктивной системе;

- второй – метод интеграции, то есть врезка дополнительных элементов и структур в существующие конструкции здания, создание новых доминант или усиление старых, пристройка объемов, коммуникационных пространств, смена масштаба здания (адаптивность к окружающим масштабам застройки);

Для адаптации промышленных объектов и благоприятной взаимосвязи их с окружающими объектами в структуре городской среды выделяют следующие приемы [7]:

- модификация – изменение объекта или его частей по пропорциям, форме, положению частей, конфигурации;

- замена – введение новых форм, функций, конструкций, материалов и др.;

- устранение или добавление – изменение количества форм, конструкций, функций или присоединение новых, расширяющих возможности решения;

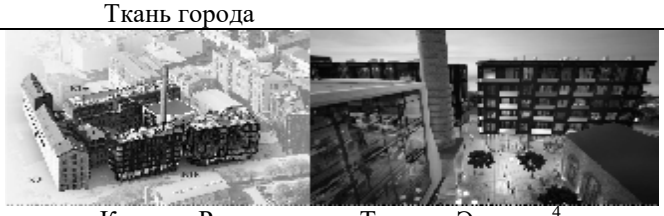
- сочетание – комбинирование свойств, функциональных составляющих, элементов объекта между собой.

Принципы и методы реновации бывших промышленных территорий активно используются в мировой практике. Реновация бывших промышленных территорий должна вестись на двух градостроительных уровнях: ткани и каркаса города. Реновация может проводиться как в сторону увеличения жилого фонда, так и с целью введения таких территорий в жизнь туристическую или торговую [8].

Реновация промышленных территорий, как элементов градостроительной ткани, возможна в нескольких функциональных направлениях: жилая застройка, культурные центры, комплексы временного проживания людей, городские парки, офисы и здания торговли (табл.).

Таблица

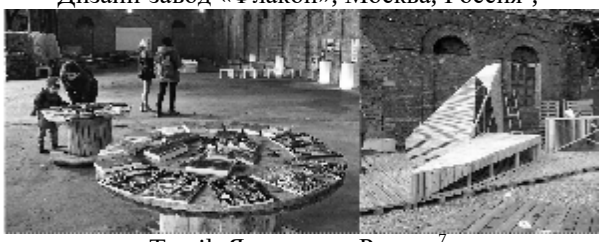
Примеры реновации бывших промышленных пространств и объектов

№	Профиль	Примеры
Ткань города		
1	Торговые площади	 Квартал Роттерманни, Таллин, Эстония[4]
2	Офисы	Бизнес-квартал «Арма», Москва, Россия[5]

[4]ROTERMANN CITY // rotermann.eu/ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://www.rotermann.eu/ru (дата обращения: 17.04.2018).

[5]АРМА официальный сайт // armazaod.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://armazavod.ru/ (дата обращения: 17.04.2018).

Продолжение таблицы

3	Культурные центры	Дизайн-завод «Флакон», Москва, Россия[6];  Textil, Ярославль, Россия[7]
4	Комплексы временного проживания людей	Отель Youth Hotel of iD Town, бывшая фабрика Honghua Dying Factory, г. Шэньчжэнь, Китай[8].
5	Городские парки	Shanghai Houtan Park, Шанхай [10]
Каркас города		
6	Пешеходные улицы	The High Line, Section, Нью Йорк, США [13]

Торговая функция может появиться на территориях предприятий легкой промышленности, там, где не было тяжелых выбросов или они уже разложились, а также, если они были минимальны

Офисные здания также как и комплексы временного проживания при реновации улучшают, оставляя конструктивную систему и заменяя устаревшие элементы. Просторные пространства цехов успешно используются под общественные центры [9].

Культурные центры чаще представляют собой лофтовые пространства, которые используются для выставочных целей. Такие пространства стали мощным стимулом выражения творческих личностей и платформами для запуска многих социокультурных проектов.

[6]Flacon дизайн-завод // flacon.ru : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: http://flacon.ru/ (дата обращения: 16.04.2018).

[7]Textil официальный сайт // textile.in : ежедн. интернет-изд. 2017. http://textil.in (дата обращения: 17.04.2018).

[8]O-office Architects transform a factory dormitory into a modern youth hotel in Shenzhen // inhabitat.com : ежедн. интернет-изд. 2016. URL: https://inhabitat.com/o-office-architects-renovate-a-factory-dormitory-into-a-modern-youth-hotel-in-shenzhen/youth-hotel-of-id-town-o-office-architects-11/ (дата обращения: 17.04.2018).

Комплексы для временного проживания людей позволяют рационально использовать промышленные объекты такие, как цеха и протяженные ангары. Пример того, как можно включить бывший промышленный объект в жизнь города является отель в Китае. Модернизация устаревших частей промышленных объектов позволяет увеличить срок использования здания.

Городские парки являются примером осуществления экологической реабилитации территории, при этом создание большого зеленого массива подразумевает полный снос всей промышленной базы на территории. Важным моментом является то, что увеличение зеленых зон необходимо городу. Появление парка стимулирует приток горожан, показывает заинтересованность жителей в таких пространствах. Возникновение мест для социального взаимодействия благоприятно сказывается на жизни города в целом [10, 11].

Пешеходные улицы являются элементом градостроительного каркаса и несут транзитную функцию. Заброшенные рельсовые территории бывших промышленных предприятий активно вводят в жизнь города в виде пешеходной зон и прогулочных путей. Соединение нескольких кварталов такой связью обладает большой значимостью для жителей, поскольку делает более целостной и ориентированной на пешехода городскую среду [12, 13].

Заключение

На основе анализа фрагмента территории срединой зоны города Казани, рассмотренного мирового и отечественного опыта реновации бывших промышленных территорий и объектов выявлено несколько направлений, методов и способов адаптации промышленных территорий и объектов к жизни современного города и потребностям его горожан. В статье изучены основные термины, которые характеризуют процесс реновации территорий. Полноценное использование всех территорий города позволяет обеспечить его целостность и транспортную связанность.

Список библиографических ссылок

1. Абакумова А. В. Основные планировочные зоны города: центральная, срединная, периферийная; промышленные территории в структуре города // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 1. С. 6–9.
2. Гайдук А. Р. Реновация промышленных объектов и адаптация индустриальных зон городов к современным условиям (на примере г. Казань) // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 83–88.
3. Ян Гейл. Жизнь среди зданий / Ян Гейл; Изд. на русском языке – Концерн «КРОСТ», пер. с англ. М. : Альпина Паблишер, 2012. 200 с.
4. Экология Казани – как улучшить жизнь горожан? // greenologia.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/ekologiya-kazani.html (дата обращения: 16.04.2018).
5. Быстрова Т. Ю. Виды и параметры архитектурной деятельности по реабилитации промышленных территорий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2014. № 3. С. 23–27.
6. Дрожжин Р. А. Реновация промышленных территорий // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 1 (11). С. 84–86.
7. Дятков С. В. Архитектура промышленных зданий. М. : Высшая школа, 1984. 415 с.
8. Новиков В. А., Иванов А. В. Архитектурно-эстетические проблемы реконструкции промышленных предприятий. М. : Стройиздат, 1986. 168 с.
9. Чайко Д. С. Современные направления интеграции исторических производственных объектов в городскую среду М. : МАРХИ, 2007.
10. Shanghai Houtan Park (Ландшафтный дизайн и благоустройство заброшенной индустриальной территории в КНР) // gardener.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://gardener.ru/library/architectural_panorama/page429.php (дата обращения: 17.04.2018).

11. Быстрова Т. Ю., Ларионова В. А. Методика реабилитации промышленных территорий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. С. 513–523.
12. Лео Холлис. Города вам на пользу: Гений мегаполиса Пер. с англ. М. : Strelka Press, 2015. 432 с.
13. The High Line, Section 1 (Ландшафтный дизайн и благоустройство городского парка в Нью-Йорке, США) // gardener.ru : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: http://gardener.ru/library/architectural_panorama/page435.php (дата обращения: 17.04.2018).

Bustets Darya Vasilievna
architect
E-mail: dasha-byshtetc@mail.ru
Construction company «Basis»
The organization address: 420021, Russia, Kazan, Kayum Nasyri st., 25
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

Renovation of former industrial territories and objects of the middle zone into public spaces

Abstract

Problem statement. The purpose of this article is to review the methods of renovation of former industrial territories, the analysis of existing implemented projects.

Results. The main result of the study is the model of the system of public spaces on the territory of the former industrial zones of the city of Kazan, the development of which takes into account the design experience.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture is that the proposed direction of development of public spaces on the basis of analysis of world and domestic experience will ensure ecological and economic improvement of the urban space and strengthening of the social interaction of the city's residents.

Keywords: renovation of former industrial zones, public spaces, middle zone, industrial zone, methods of renovation of former industrial territories.

References

1. Abakumova A. V. The main planning zones of the city: central, middle, peripheral; industrial territories in the city structure // Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura. 2013. № 1. P. 6–9.
2. Gaiduk A. R. Renovation of industrial objects and adaptation of industrial zones of cities to modern conditions (by the example of Kazan) // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 83–88.
3. Ian Gale. Life among buildings / Jan Gale; Ed. in Russian – Concern «KROST», trans. with English. M. : Alpina Pablisher, 2012. 200 p.
4. Ecology of Kazan – how to improve the life of citizens? // greenologia.ru: daily. internet-edit. 2015. URL: http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/ekologiya-kazani.html (reference date: 04.16.2018).
5. Bystrova T. Yu. Types and parameters of architectural activities for the rehabilitation of industrial territories // Academic Bulletin UralNIIproekt RAASN. 2014. № 3. P. 23–27.
6. Drozhzhin R. A. Renovation of industrial territories // Bulletin of the Siberian State Industrial University. 2015. № 1 (11). P. 84–86.
7. Dyatkov S. V. Architecture of industrial buildings. M. : High School, 1984. 415 p.

8. Novikov V. A., Ivanov A. V. Architectural and aesthetic problems of reconstruction of industrial enterprises. M. : Stroiizdat, 1986. 168 p.
9. Chayko D. S. Modern directions of integration of historical production facilities into the urban environment M. : MARHI, 2007.
10. Shanghai Houtan Park (Landscape design and improvement of the abandoned industrial territory in China) // gardener.ru: daily. internet-edit. 2015. URL: http://gardener.ru/library/architectural_panorama/page429.php (reference date: 17.04.2018).
11. Bystrova T. Yu., Larionova V. A. Technique of rehabilitation of industrial territories // Akademicheskiy vestnik UralNIIproekt RAASN. 2017. P. 513–523.
12. Leo Hollis. Cities to your advantage: The genius of the megalopolis. M. : Strelka Press, 2015. 432 p.
13. The High Line, Section 1 (Landscape Design and Improvement of the City Park in New York, USA) // gardener.ru: daily. internet-edit. 2015. URL: http://gardener.ru/library/architectural_panorama/page435.php (reference date: 17.04.2018).

УДК 72.01
Еникеева Лилия Михайловна
архитектор
E-mail: enililу@ya.ru
Чичканова Виктория Юрьевна
архитектор
E-mail: vika_hullabaloo@mail.ru
ООО «Архитектурный десант»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Баумана, д. 19, оф. 301
Прокофьев Евгений Иванович
профессор, кандидат архитектуры
E-mail: dirarx1@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Урбанизированная ландшафтная архитектура в формообразовании современного города

Аннотация

Постановка задачи. Статья посвящена вопросу развития урбанизированной ландшафтной архитектуры в современных городах. Цель исследования – выявление универсальных принципов формирования ландшафтно-интегрированной архитектуры в городской ткани.

Результаты. Выявлены актуальные направления урбанизированной ландшафтной архитектуры и рассмотрены пути решения основных проблем городского ландшафта с помощью приемов урбанизма и ресурсосбережения. Представлен обзор аналогов различного масштаба и степени взаимодействия с ландшафтом городской среды.

Выводы. Значимость данного исследования для архитектуры заключается в том, что сформулированные принципы ландшафтно-ориентированного проектирования могут широко внедряться в архитектуру и планирование современных городов, формируя более комфортную и эффективно эксплуатируемую среду с развитой экологией и инфраструктурой.

Ключевые слова: ландшафтно-интегрированная архитектура, принципы ресурсосбережения, урбанизированный ландшафт, инфраструктура ландшафта.

Введение

Современный городской ландшафт представляет собой собирательную динамично изменяющуюся среду с постоянным влиянием социальных, экономических и экологических факторов. Он отражает историю и все природное и рукотворное наследие города, характер его урбанистических процессов, содержит в себе участки смешанного типа, такие как граничные территории и отдельные фрагменты городской ткани – промежуточные зоны, индустриальные и прибрежные территории, представляющие собой потенциальный территориальный ресурс для городского развития. С глобальным ростом обеспокоенности экологией и устойчивым развитием, городской ландшафт, его особенности и компоненты становятся областью исследования и проектного поиска не только для ландшафтной архитектуры, но и для различных областей науки: экологии, ресурсосбережения, инженерии и экономического планирования.

Данная статья рассматривает роль ландшафтной архитектуры в урбанизированной среде, изучая теорию и практику преобразования современных городов. Работа нацелена на расширение вопроса развития современной городской среды, в первую очередь уделяя внимание формированию ряда понятий в рамках изучения урбанизированного ландшафта и принципов его проектирования, рассматривая интегрированную в ландшафт архитектуру с точки зрения перспектив устойчивого развития и городского планирования.

Методология базируется на сравнительном анализе практического и теоретического международного опыта по данной теме. При рассмотрении теории и

практики урбанизированной ландшафтной архитектуры использован корреляционный подход, где внимание в первую очередь уделено городскому ландшафту в рамках архитектурного познания. Городской ландшафт воспринимается как социально-экологическая база для культурных и производственных процессов, как природная, инфраструктурная и планировочная основа развития города.

Исследование базируется на изучении международного опыта проектирования в различных масштабах городской ткани. Практическая база представлена в нескольких категориях:

а) маломасштабные проекты со значимым природным и культурным наследием;

б) инфраструктурные проекты;

в) проекты расширения территории;

г) проекты регионального значения.

Теоретические исследования, на которых основаны проекты, представляют собой различные подходы к изменению структуры города в зависимости от качественных и количественных критериев его пространства. Проектные исследования различаются по масштабу и типу изменения среды – перепрофилирование территорий, реабилитация, реструктуризация, а также по степени привнесения новых компонентов – культурных, инфраструктурных, стратегических. Данные исследования говорят о гибкости и открытости урбанизированного ландшафта, а также подчеркивают ключевую роль междисциплинарного подхода с применением принципов устойчивого развития в формировании современной городской ткани и интегрированной ландшафтной архитектуры.

Урбанизированная ландшафтная архитектура

Урбанизированная ландшафтная архитектура наращивает свою теоретическую и практическую базу на протяжении последних 50 лет, что обусловлено экстенсивным ростом городов и развитием городского планирования. Ландшафтная архитектура по своему техническому, искусствоведческому и научному определению – проектирование и планирование природных или рукотворных ландшафтов, проявление восприятия человеком окружающей среды.

В контексте динамичного развития городов ландшафт постоянно изменяется и требует комплексных решений в области экологии, инфраструктуры и планирования. Урбанизированному ландшафту также требуется расширение масштабов и территорий, выход за рамки традиционных представлений о проектировании открытых пространств, крупных общественных объектов, необходимых постиндустриальным городам, промежуточным областям, отдельным участкам городов и промышленным территориям [1], традиционно смешанным ландшафтам, многофункциональным городским пространствам, обладающим большим потенциалом [2]. Таким образом, урбанизированная ландшафтная архитектура играет активную роль в восстановлении общности городской среды, ее экологическом и культурном процветании.

Изучение ландшафтной архитектуры началось в 1960-х годах и достигло своего пика в эпоху постмодернизма 1970-х, как реакция на узкую спецификацию приемов и подходов в пространственном проектировании модерна. Это была эпоха экспериментов с историческим наследием ландшафта, внимания к внутренней среде города, начало развития экологического мышления и зарождения новой систематики подходов в ландшафтном проектировании [3]. Парадигмой этого направления стала экологически ориентированная методологическая система Макхарга [4]. Однако, в большинстве стран Западной Европы ландшафтные архитекторы начали восстановление крупномасштабных территорий уже после Второй Мировой войны, применяя принципы перепрофилирования и реабилитации городской среды с насыщением их новыми функциями [5]. Позднее Французская школа с ее пионерами Ж. Симоном, М. Коражу и М. Девинье подробно изучала развитие современных городов, рассматривая решение задач, связанных с «поиском нового урбанизма, связей между городским центром и периферией» [6]. При этом урбанизированный ландшафт рассматривался как «живой документ», в который погружаются экспериментальные общественные центры, формируя качественное пространство городов [3].

Широкий спектр подходов к урбанизированной ландшафтной архитектуре представлен в Греческой школе. Ландшафт города рассматривается как социальное

явление – отображение общества и процессов в нем. Так, в работах М. Ананиаду-Цимополуса урбанизированный ландшафт представляет собой динамичную социально-экологическую систему [7], включающую в себя «эволюцию природного множества» и «пространство для социальной активности». В данном многослойном методологическом подходе ландшафт разделяется на городской, периферийный и свободный. Ценность проектирования отображается в понимании урбанизированной ландшафтной архитектуры как «работы искусства», культурного вклада для общества, раскрытия потенциала пространства [8]. Греческая школа также считает важным рассмотрение ландшафта с точки зрения сомасштабности человеку, трактовки пейзажа наблюдателем. Данный подход связывает культурную идентичность проекта с типом реорганизации урбанизированного ландшафта – восстановлением, перепрофилированием, расширением, – при этом тип вмешательства равноценен масштабу проекта.

В последние десятилетия урбанизированная ландшафтная архитектура играет все большую роль в устойчивом планировании развития и расширения городов, затрагивая аналитику пространств, интегрированный дизайн и стратегическое планирование. Масштаб ландшафтных проектов также увеличивается, переходя от точечного благоустройства к целым регионам, открывая новые возможности и потенциалы [9]. По представлению крупнейшего ландшафтного бюро Парижа Agence TER ландшафтно-интегрированная архитектура должна рассматриваться как «вектор развития городской территории» и альтернативный подход к урбанистическому мышлению – «ландшафтно-ориентированный урбанизм» [6]. М. Девинье называет ландшафт «непременным условием», прецедентом урбанизма, интегрирующим все принципы формирования городской среды. Урбанизированный ландшафт – среда, пронизанная потоками различного характера – сталкивается с вопросами инфраструктурной организации транспортных путей, водных стоков, интеграции их в существующую городскую систему и создания основы для будущего развития города [10]. Он также воспринимается как постоянно трансформирующееся пространство в контексте городской среды, поэтому проектирование и планирование ландшафта адресовано не только к конкретному замыслу, но и представляет собой предпосылку для будущих изменений города. Ландшафт при подобных подходах рассматривается как «промежуточная природа» [11], представляющая собой потенциал территориального ресурса и формообразующий фактор застройки города.

Регенеративные направления: понятия об урбанизированном ландшафте

В последние десятилетия расширяется интерес к проектированию урбанизированного ландшафта в рамках различных течений и подходов как в архитектуре, так и в градостроительстве, в следствие чего появляются активные эксперименты в области гибридизации архитектуры, ландшафта и инфраструктуры. Проекты смешанного характера, как, например, терминал порта Йокогама (2002 г.) и Юго-восточный прибрежный парк в Барселоне (2004 г.) подчеркивают «пористость» прочтения коренного ландшафта, топографию потоков, формируя связанные и проницаемые пространства.

Стен Аллен в своем эссе «Параметрический урбанизм: расширение двухмерности» называет ландшафтно-интегрированную архитектуру активатором городской жизни, создающим событийные площадки, артикулирующим пластикой ландшафта и потоками движения. Автор утверждает идею параметрического урбанизма как экспериментальную площадку для ландшафтно-интегрированной архитектуры с расширением и усложнением привычного «плоского» подхода в проектировании. По словам Аллена «ландшафт возникает как формообразующая модель для урбанизма» [12]. При этом сам характер поверхности и материала ландшафта позволяет архитектору подчеркнуть уникальность территории. Кроме того, изменение ландшафта с течением времени также представляет собой «модель процессов» [12], отражающую непостоянство социальной эволюции и создающую основу для возникновения новых направлений.

Ландшафтный урбанизм возник в ходе академических дискурсов о теории ландшафтного и городского развития. Прошло 20 лет с тех пор как этот гибридный теоретический термин был впервые презентован на конференции ландшафтного урбанизма в Чикаго, организованной Чарльзом Вальдхаймом [13]. Вальдхайм определяет

ландшафтный урбанизм как критику новых традиций градостроительства и альтернативу новому урбанизму [14]. Применяя теоретические исследования на практике в условиях рельефов Северной Америки и Европы, Вальдхайм придерживается принципов формирования ландшафтно-интегрированной архитектуры с использованием потенциала постиндустриального города [15], его «промежуточных зон» и интерстициальных инфраструктурных систем и экологии [16]. Вальдхайм называет ландшафт «линзой урбанизма», «аналогией современного процесса урбанизации» и «проводником уникальной безграничной идентичности, непостоянства и изменения современных городских условий». Практика архитектора при этом, по мнению Вальдхайма, должна базироваться на понимании экологических принципов и инфраструктурных систем, оценке рисков и вопросов устойчивости, адаптации и изменения ландшафтного урбанизма [17].

Гибридная природа ландшафтного урбанизма опирается на междисциплинарное взаимодействие архитектуры, ландшафтной архитектуры и градостроительства, которые используют ландшафт как первооснову формообразования города. Ландшафтный архитектор Джеймс Корнер в своем эссе «Терра Флюксус» (Флюксус – театрализованное действо авангардного течения) подчеркивает важность междисциплинарного подхода в современных проектах развития городской среды. Он утверждает, что при решении проблем современного города должны применяться критические и творческие подходы. Корнер также выделяет следующие методы взаимодействия с контекстом ландшафтного урбанизма:

1) Метод долгосрочного проектирования – оптимизация ландшафтной системы с глубокой аналитикой и повышением качества органических и технологических показателей;

2) Метод формирования связей – создание крупномасштабных систем городской инфраструктуры и гибких сетей взаимодействия компонентов среды;

3) Операционный метод – применение творческих репрезентативных подходов в рамках междисциплинарной структуры;

4) Метод социального воздействия – совершенствование коллективной памяти, идентичности и мировоззрения через восприятие и воображение [13].

Проект парка Fresh Kills (2001 г.) Джеймса Корнера наглядно демонстрирует эти методы. В проекте использованы междисциплинарные подходы с построением диаграмм развития и функционирования, рассмотрены принципы реабилитации крупных городских территорий с «раскрытием природного, социального и культурного потенциала с включением в инфраструктуру современного города» [17].

Инфраструктурный урбанизм возник из рассуждений о ландшафтном урбанизме и адресован промежуточным зонам в целях «проектирования пространств, обеспечивающих инфраструктуру для устойчивого развития современной городской ткани» [18]. Аллен описывает подобную инфраструктуру как искусственную экосистему, контролирующую энергетические потоки и создающую основу для будущей активности. Заброшенные территории, неудобья и промышленные зоны представляют собой потенциал для создания инфраструктурных ландшафтов. Реализованные проекты, такие как Ronda del Dalt (1990-1993) архитекторов Хуана Ройга и Энрика Батла, отражают влияние городской среды на инфраструктуру ландшафта, которая работает как пересечение динамичных и статичных систем. Проект интегрирует «гражданские инженерные сооружения и жизнь города» [19], работу техники и развитие природы, промышленную и рекреационную зоны города.

Городской ландшафт формируется по принципам урбанизированной ландшафтной архитектуры, которые обуславливают качество городского пейзажа, его социально-экологическое развитие и перцептивное восприятие. Более того, ландшафт становится вдохновением и полем исследования для других областей проектирования, что приводит к возникновению конструктивных рекомбинантных теорий. В подобном расширенном контексте ландшафт воспринимается архитекторами как неделимое и цельное отображение социально-культурного состояния, многомасштабный и цельный проводник культурного наследия, территория процессов и начальная точка для проектирования. Ландшафт также рассматривается как коррелятивная линза урбанизма, изменяющаяся территория со своими потоками и особый принцип природной организации.

Проекты урбанизированных ландшафтов. От точечного подхода к региональному

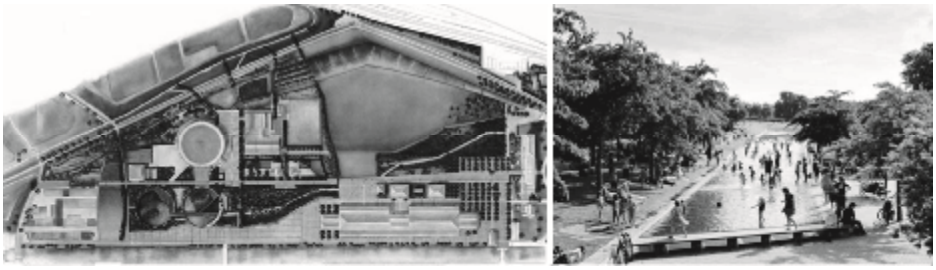
Серия ландшафтных проектов использует теоретический принцип развития территории от частного к целому, от маломасштабных участков в исторической среде к крупным инфраструктурным проектам мегаполисов. Эти проекты базируются на взаимосвязи ландшафтной архитектуры, градостроительства и планирования.

Примером качественного развития пространства от частного к целому является проект Пасхальных садов в Эрбе, Греция, где историческое пространство парка культуры и отдыха было пересмотрено с целью формирования идентичности территории и нового символизма, учитывающего исторические, социальные и природные особенности местности. Экологическое и гидрологическое развитие территории позволило выявить памятники дикой природы. Сеть пересекающихся зеленых прогулочных каналов (рис. 1 а) с открытыми видовыми точками и пространствами для отдыха расположена на холме в пригородной зоне с видом на акваторию (рис. 1 б). Проект гармонично вписан в сосновый бор. Центральная площадь, символизирующая райские сады, связана с рядом открытых пространств для активного отдыха и проведения мероприятий [20]. Проект полностью интегрирован в окружающий городской пейзаж, при этом функциональное и культурное наполнение парка объединяет центр города с периферией и горами.

а) б)

Рис. 1. а) Генеральный план б) Панорамные виды Пасхальных садов [8]

Парк культуры Вестергаз в Амстердаме, спроектированный Gustafson Porter + Bowman в сотрудничестве с Mecanoo Architectsв 1997-2000 годах, представляет собой пример восстановления промышленной территории с перепрофилированием газовой фабрики в культурный парк, центр искусств и рекреационную зону. Проект площадью в 11,5 Га предполагает разнообразие открытых пространств, связанных с центральным променадом, представляющих собой озера, пойменные территории, сады, поляны и событийные площадки (рис. 2 а, б), работая в симбиозе друг с другом, они дополняют историческое наследие индустриальной архитектуры здания. Стратегия устойчивого землепользования предполагает «срез и заполнение» – контроль распределения почвы, гидрологии и дендрологии ландшафта [21]. Проект разрабатывался и реализовывался по принципам соучаствующего проектирования, что позволило решить многомерные задачи – социальные, культурные, экологические, коммерческие, – и сделать парк активным инновационным центром культурной жизни города.

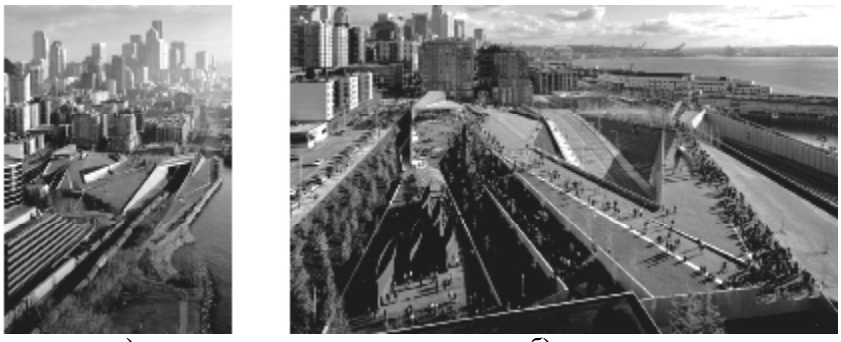


а) б)

Рис. 2. а) Генеральный план б) Вид на центральную аллею [32]

Восполнение инфраструктуры города

Олимпийский парк в Сиэтле (2007 г.) от Weiss/Manfredi architects представляет собой гибридный проект формирования ландшафта, архитектуры и инфраструктуры на территории транспортно-промышленного назначения площадью в 3,4 Га (рис. 3 а). Архитекторы с командой инженеров, дендрологов и экологов работали над симбиотической стратегией развития городской и экологической системы. Z-образная зеленая платформа формирует собой новую пешеходную инфраструктуру над железнодорожными путями, соединяя городскую ткань с восстановленной набережной. Непрерывный променад (рис. 3 б) с видом на море, горы и прибрежную зеленую зону соединяется с существующим городским пейзажем путем формирования экологической основы и новой топографии. Геометрия нового пространства обусловлена особенностями гидрологии и дендрологии, обеспечивающих отвод воды, очистку и фильтрацию стоков с последующим направлением их в бухту, а также взаимодействием территории с окружающей жилой застройкой [4] и рекреационной зоной парка. В данном проекте креативно соединились искусство, экология, культура, инфраструктура и транспортно-энергетические потоки среды.



а) б)

Рис. 3. а) Вид на территорию б) Променад на платформе [18]

В подобном направлении, но в более крупном масштабе работает парадигма компаний Team Camí Comtal, AldayJover, RCR, West 8 для парка Сагрера в Барселоне (2004 г.). Зеленый диагональный коридор тянется от городской периферии к центру города, соединяя город с морем и природой (рис. 4 а), Барселону с Францией. Эта зеленая платформа располагается над железнодорожными путями, общественными и частными транспортными сетями, представляя собой концепцию интеграции архитектуры, ландшафта, инфраструктуры и технологии [22].

а) б)

Рис. 4. а) Генеральный план б) Вид на канал [22]

Линейный парк Сагрера – территория площадью в 40 Га и шириной в 4 км оперирует ландшафтными потоками, предлагая более природную и устойчивую версию городской жизни, новый гибкий городской перекресток [23], возникший благодаря разнообразию природной среды и общественных пространств для культуры и отдыха, таких как затененные аллеи, исторические «мозаичные» сады, поля, водные инсталляции и площади с фонтанами (рис. 4б). Посредством воссоздания водных каналов города проект объединяет социально-культурные и исторические векторы. В целом парк работает как продолжение городского зеленого каркаса, реализовывая его экологический и социально-экономический потенциал.

Территории процессов

Развивая тему изменения урбанизированного ландшафта, архитектор Мишель Девинье и градостроитель Франсуа Гретер в своем проекте 2005 года «Лионское стечение» предложили инновационный подход к использованию промышленных зон в городском планировании. Территория «Лионского стечения» составляет 150 Га и располагается между реками Рона и Сона, соединенных инфраструктурной сетью рынков, теплиц и портов, приспособленных для нового типа городской жизни с привнесением жилой зоны и парка с устойчивой экосистемой.

Девинье презентует территорию как «промежуточную природу» [9], обеспечивающую будущие городские трансформации – смену типа промышленности и инфраструктуры. Для этой цели в проекте предусмотрен набор сценариев формирования общественных пространств и их конфигураций на различных этапах развития с применением стратегии «инфильтрации» – разумного использования территории и разделения ее на сады, прогулочные зоны и каналы. Подобная стратегия предвосхищает развитие пространства, учитывая не только освобождение его от промышленности, но и перепрофилирование индустриального каркаса с созданием качественной деловой среды для будущих архитектурных и градостроительных преобразований. Прерии и парковые пространства связаны гидрологической сетью каналов и бассейнов, выделяющих зоны концентрации активности и формирующих связи разнообразных общественных пространств с урбанизированной тканью (рис. 5).

Рис. 5. Вид на набережную [11, 22]

Другим примером интеграции ландшафта в городскую ткань стал проект «Потоки» для набережной Миннеаполиса от бюро Stoss Landscape Urbanism во главе с архитектором Майклом Мальтцаном, который включал в себя развитие 8,85 км прибрежной территории реки Миссисипи общей площадью 890 Га [24]. Проект предлагает раскрыть ландшафт реки и развить культурный, экологический, индустриальный и производственный каркас города с перспективой развития территории на 50-100 лет. Интеграция городской жизни в прибрежную зону предполагает расширение территории реки при помощи множества каналов, формирующих зеленую сеть, включенную в ткань близлежащих жилых и деловых кварталов (рис. 6 а).

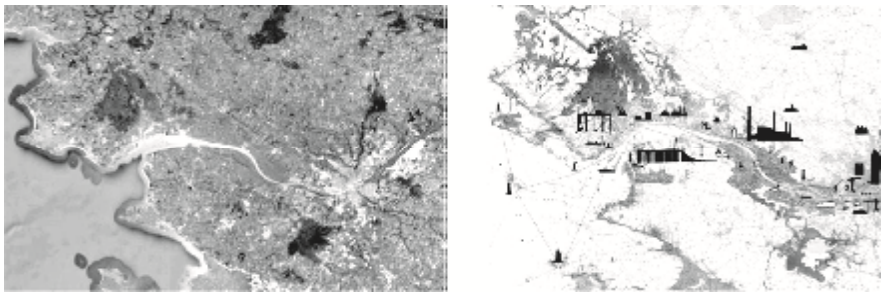
а) б)

Рис. 6. а) Схемы развития каналов б) Вид на рекреационную зону [24]

Открытые пространства развиваются в симбиозе с производственной зоной. «Успокаивая течение реки и формируя парк, проект развивает новую модель городской жизни». В контексте данной стратегии авторы выступают за применение автоматизированных систем для формирования культурной идентичности реки – особые методы роботизированного освещения, трансформирующиеся общественные пространства в виде барж, система очистки воды, управление ливневыми стоками и мостами, моделирование речных островов и формирование зеленых коридоров для рекреации (рис. 6 б). В результате проект представляет собой прототип нового урбанизированного пространства смешанного типа, включающий в себя парк, острова и районы тепличного хозяйства [25].

Трансцендентность границ

Самым крупным масштабом формирования урбанизированной ландшафтной архитектуры сегодня становится процесс проектирования ансамблей ландшафтов. В подобных географических рамках действует проект 2014 года Pôle Агломерации Нант–Сан-Лазар во Франции представляющий собой территорию в 12000 Га. Проект раскрывает схему социально-экологического взаимодействия территорий, включающую новые стратегии развития гидрологической сети акваторий и пойменных земель в регионе Луары (рис. 7 а).



а) б)

Рис. 7. а) Географическое расположение территории б) Культурные связи территории [28]

Многопрофильная команда, возглавляемая ландшафтным архитектором, была призвана решить вопрос перепрофилирования территорий с различными типами ландшафта – река, порт, озеро, набережная, линейный парк, лес и канал от Нанта к Сен-Лазару [26]. Основной целью стало раскрытие биологического разнообразия, развитие потенциала экологического и сельскохозяйственного туризма, формирование новых векторы развития обоих городов. Agence TER совместно с командой архитекторов из Coloco, M. Desvignes и Phytolab предложили градостроительную концепцию «От границы к границе» (рис. 7 б), которая объединяет культурные особенности регионов, подчеркивая потенциал и разнообразие каждого из них. Данная стратегия, ориентированная на экологическую устойчивость, связанную с озеленением и циркуляцией воды, работает как в краткосрочном, так и в долгосрочном планировании, проводя целостное изменение региона путем точечной активации [27-28].

Заключение

Рассмотренные выше примеры преобразования инфраструктуры, экологических связей, социокультурных процессов подчеркивают уникальность и смешанный характер каждой территории. Вне зависимости от масштабов данные проекты внимательно относятся к процессу организации потоков, применяя дедуктивные, так индуктивные методы проектирования, демонстрируя необходимость совместного взаимодействия в урбанизированной ландшафтной архитектуре, которая воспринимается как зона синергии, где каждая дисциплина привносит свою научную базу в развитие теоретического и практического опыта. Через коррелятивные исследования ландшафтная архитектура обогащается креативным диалогом и конструктивно пополняет теоретическую и

практическую базы, связанные с переформированием городского ландшафта. Таким образом, для устойчивого развития и полноценного будущего города становится актуальным формирование схем взаимодействия городской среды и ландшафта.

Список библиографических ссылок

1. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape projects as society's projects: IASME/WSEAS International Conference on «Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development» / P. and E. Michelis Foundation. Athens, 2005, С. 12–14.
2. Bourlidou A. Urban heterotopias. Reorganizing the west front landscape of Thessaloniki. Thessaloniki. Joint Postgraduate Program Landscape Architecture AUTh, 2009. С. 103.
3. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape Architecture. Urban Space Design. Critique and Theory. Recent Trends in Landscape Design. Thessaloniki. Ziti Editions, 1997. С. 98–103.
4. Ротль Н., Йоком К. Основы. Ландшафтная архитектура. Том 2. Экологический дизайн. Лозана : AVA, 2010. С. 24–33.
5. Врум М. Изучение ландшафтной архитектуры от теории к практике: сб. ст. международной конференция ландшафтной архитектуры, Том. II / Фессалоники, 2005. С. 148–153.
6. Дидрих Л. Территории. От ландшафта к городу. Базель. Биркхаузер, 2009. С. 9–13.
7. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape analysis in design/planning. Contribution to the research of landscape architecture: PhD Thesis. Scientific Yearbook of Faculty of Engineering, Vol. 18 / Aristotle University of Thessaloniki. Thessaloniki, 1982. С. 7–37.
8. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape design projects: Works of art and culture, Art and Landscape: Panhellenic Association of Landscape Architects-IFLA Symposium Athens Vol. P. / E. Michelis Foundation. Athens, 2001. С. 92–98.
9. Corajoud M. L'alliance entre le paysage et la ville. Créer un rapport intelligible au territoire. P. Éditions de la Villette, Paris, 2002. С. 20–35.
10. Мабурни А. Неизменное условие. Мишель Девинье. Париж. Жан Баскет, 2011. С. 14–16.
11. Desvigne M. Territories and shapes of time. Intermediate natures. The landscapes of Michel Desvigne. Basel. Birkhäuser, 2009. С. 35–47.
12. Allen S. Mat Urbanism: The thick 2D. Munich. Prestel/Harvard School, 2001. С. 118–126.
13. Corner J. Terra Fluxus. N-Y. Princeton Architectural Press, 2006. С. 21–33.
14. Вальдхайм Ч. Ландшафт, экология и другие факторы урбанизма. // Сценарио: Ландшафтный урбанизм. 2001. № 01 (33). С. 14–18.
15. Berger A. Drosscape. N-Y : Princeton Architectural Press, 2006. С. 197–217.
16. Шон Г. Спасение ландшафтного урбанизма. Нью-Йорк : Princeton Architectural Press, 2006. С. 55–67.
17. Вальдхайм Ч. Ландшафт как урбанизм. Общая теория. Нью-Йорк : Princeton Architectural Press, 2016. С. 2–11.
18. Денисенко Е. В. Биологические критерии и биоподходы в архитектуре XXI века // Вестник ВолГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». 2013. № 33 (52). С. 173–178.
19. Шэннон К. От теории к практике: Ландшафтный урбанизм в Европе. Нью-Йорк : Princeton Architectural Press, 2006. С. 141–161.
20. Ananiadou-Tzimopoulou M. Griechenland: Ladschaftsgestaltung als Erbe. Greece: The legacy in landscape design // Topos European Landscape Magazine. 1999. № 27. С. 88–94.
21. Маргулис Л., Робинсон К. Живые системы. Инновационные материалы и технологии в ландшафтной архитектуре. Базель. Биркхаузер, 2007. С. 118–121.
22. Sagrera Park // barcelonasagrera.com : сайт парка. 2017. URL: http://www.barcelonasagrera.com/wp-content/uploads/2016/02/DOSSIER-IDIOMES-2015.pdf (дата обращения: 16.02.2018).
23. WEST8 // west8.nl : портфолио бюро. 2015. URL:http://www.west8.nl/projects/infrastructure/sagrera_linear_park/ (дата обращения: 01.03.2018).
24. STROSS // stoss.net : портфолио бюро. 2017. URL:http://www.stoss.net/projects/3/minneapolis-riverfront/ (дата обращения: 01.03.2018).

25. VIMEO // vimeo.com : ежедн. интернет-изд. 2016. URL:https://vimeo.com/19112706 (дата обращения: 16.02.2018).
26. Nant // nantesmetropole.fr : сайт регионально представительства. 2018. URL: http://www.nantesmetropole.fr/deliberations/co_20161017/21_20161017_CNM_DELA_Pole_Metropolitain_RA_2015_V2.pdf (дата обращения: 01.03.2018).
27. Куликов Д. А. Принципы организации ресурсосберегающего архитектурного пространства. Казань : КГАСУ, 2011. 195 с.
28. Вайс М., Манфреди М. Олимпийский парк в Сиэтле. Мюнхен : Мюнхенская научное издательство, 2008. С. 60–66.

Enikeeva Liliia Mikhailovna
architect
E-mail: enilily@ya.ru
Chichkanova Victoriia Yurevna
architect
E-mail: vika_hullabaloo@mail.ru
LTD «Arkhitekturnyy desant»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Baumana st., 19, of. 301
Prokofev Evgenii Ivanovich
professor, candidate of architecture
E-mail: dirarx1@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Urbanized landscape architecture in the formation of a modern city

Abstract

Problem statement. The article is devoted to the development of urbanized landscape architecture in modern cities. The purpose of the study is to identify universal principles for the formation of landscape-integrated architecture in urban fabric.

Results. The actual directions of the urbanized landscape architecture are revealed and the ways of solving the main problems of the urban landscape are considered with the help of urbanism and resource saving techniques. A review of analogues of different scale and degree of interaction with the landscape of the urban environment is presented.

Conclusions. The significance of this study for architecture is that the formulated principles of landscape-oriented design can be widely implemented in the architecture and planning of modern cities, creating a more comfortable and efficiently maintained environment with a developed ecology and infrastructure.

Keywords: landscape-integrated architecture, principles of resource saving, urbanized landscape, landscape infrastructure.

References

1. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape projects as society's projects: IASME/WSEAS International Conference on «Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development» / P. and E. Michelis Foundation. Athens, 2005, P. 12–14.
2. Bourlidou A. Urban heterotopias. Reorganizing the west front landscape of Thessaloniki. Thessaloniki. Joint Postgraduate Program Landscape Architecture AUTh, 2009. P. 103.
3. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape Architecture. Urban Space Design. Critique and Theory. Recent Trends in Landscape Design. Thessaloniki. Ziti Editions, 1997. P. 98–103.
4. Rottle N., Yocom K. Basics. Landscape Architecture. 02. Ecological Design. Lausanne : AVA Publishing, 2010. P. 24–33.
5. Vroom M. J. Teaching and learning of landscape architecture: From art and crafts to methodology and scientific research. Proceedings of the International Conference:

Landscape architecture. Education, Research, Practice. Vol. II / AUTh, Thessaloniki, 2005. P. 148–153.
6. Diedrich L. Territories. From landscape to city. Agence Ter. Basel. Birkhäusser, 2009. P. 9–13.
7. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape analysis in design/planning. Contribution to the research of landscape architecture: PhD Thesis. Scientific Yearbook of Faculty of Engineering, Vol. 18 / Aristotle University of Thessaloniki. Thessaloniki, 1982. P. 7–37.
8. Ananiadou-Tzimopoulou M. Landscape design projects: Works of art and culture, Art and Landscape: Panhellenic association of landscape architects-IFLA Symposium Athens Vol. P. / E. Michelis Foundation. Athens, 2001. P. 92–98.
9. Corajoud M. L'alliance entre le paysage et la ville. Créer un rapport intelligible au territoire. P. Éditions de la Villette, Paris, 2002. P. 20–35.
10. Masboungi A. Le paysage en préalable. Michel Desvigne. P. Joan Busquets, 2011. P. 14–16.
11. Desvigne M. Territories and shapes of time. Intermediate natures. The landscapes of Michel Desvigne. Basel. Birkhäuser, 2009. P. 35–47.
12. Allen S. Mat Urbanism: The thick 2D. Munich. Prestel / Harvard School, 2001. P. 118–126.
13. Corner J. Terra Fluxus. N-Y. : Princeton Architectural Press, 2006. P. 21–33.
14. Waldheim C. Landscape, ecology, and other modifiers to urbanism // Scenario Landshaftnyy urbanizm. 2001. № 01 (33) P. 14–18.
15. Berger A. Drosscape. N-Y. : Princeton Architectural Press, 2006. C. 197–217.
16. Shane G. The emergence of landscape urbanism. N-Y. : Princeton Architectural Press, 2006. P. 55–67.
17. Waldheim C. Landscape as Urbanism: A general theory. N-Y. : Princeton Architectural Press, 2016. P. 2–11.
18. Denisenko E. V. The Biological criteria and biopathway in the architecture of XXI century // West Volga. Series «Construction and architecture» / Vestnik VolGASU. Seriya «Stroitel'stvo i arkhitektura». 2013. № 33 (52). P. 173–178.
19. Shannon K. From theory to resistance: Landscape urbanism in Europe. N-Y. : Princeton Architectural Press, 2006. P. 141–161.
20. Ananiadou-Tzimopoulou M. Griechenland: Ladschaftsgestaltung als Erbe. Greece: The legacy in landscape design // Topos European Landscape Magazine. 1999. № 27. C. 88–94.
21. Margolis L., Robinson A. Living Systems. Innovative materials and technologies for landscape architecture. Basel. Birkhäusser, 2007. P. 118–121.
22. Sagrera Park // barcelonasagrera.com: park site. 2017. URL: http://www.barcelonasagrera.com/wp-content/uploads/2016/02/DOSSIER-IDIOMES-2015.pdf (reference date: 16.02.2018).
23. WEST8 // west8.nl: studio portfolio. 2015. URL: http://www.west8.nl/projects/infrastructure/sagrera_linear_park/ (reference date: 01.03.2018).
24. STROSS // stoss.net: studio portfolio. 2017. URL: http://www.stoss.net/projects/3/minneapolis-riverfront/ (reference date: 01.03.2018).
25. VIMEO // vimeo.com: daily. Internet-edit. 2016. URL: https://vimeo.com/19112706 (reference date: 16.02.2018).
26. Nant – Sent – Lazar // nantessaintnazaire.fr: regional government site. 2018. URL: http://www.nantessaintnazaire.fr/appel-a-concepteurs-eau-paysages/ (reference date: 01.03.2018).
27. Kulikov D. A. The principles of organization resource-saving architectural space. Kazan : KSUAE, 2011. 195 p.
28. Weiss M., Manfredi M. Olympic Sculpture Park in Seattle. Munich : Munich science publishment, 2008. P. 60–66.

УДК 72.01
Зубкова Яна Олеговна
архитектор
E-mail: zubkova.yana.01@yandex.ru
ООО «Ремонтстройсервис»
Адрес организации: 420030, Россия, г. Казань, Архангельский пр., д. 7
Фахрутдинова Инесса Алековна
кандидат архитектуры, доцент
E-mail: fahinessa@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Способы сокращения энергопотребления в архитектуре современных спортивных центров

Аннотация

Постановка задачи. Объем электроэнергии, потребляемой спортивными зданиями во всем мире, неуклонно растет. Цель статьи – исследование архитектурно-планировочных решений с применением альтернативных источников энергии в поиске оптимального решения энергосберегающих зданий спортивной направленности. Задачей исследования является метод сравнения современных технологий и источников для снижения расходов на содержание спортивного центра.

Результаты. Анализ отечественного и зарубежного опыта проектирования современных спортивных зданий с использованием современных технологий и альтернативных источников энергии позволяет выявить наиболее эффективные решения ресурсосбережения в спортивных зданиях.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении принципов содержания спортивных сооружений с помощью альтернативных источников энергии, что позволяет экономить на эксплуатации зданий. Выявленные альтернативные источники энергии могут быть основой проектирования новых спортивных центров, что в целом повлияет на экономику города/региона/государства.

Ключевые слова: архитектура современных спортивных центров, альтернативные источники энергии в спортивных центрах, энергоресурсы спортивных сооружений, естественное освещение спортивных центров, энергосберегающая спортивная архитектура.

Введение

На сегодняшний день в современном мире на обеспечение энергией объектов спортивного назначения затрачивается большое количество ресурсов. Необходимы альтернативные источники энергии для содержания спортивных объектов, в том числе и спортивных центров. Рассмотрению подлежат все возможные альтернативные источники энергии, применяемые в архитектуре спортивных зданий.

Современные энергозатратные спортивные центры

В существующей практике есть доступные, но дорогостоящие источники энергии, такие как жидкое топливо и электричество. Они используются для систем теплоснабжения зданий с воздушной поддержкой, что увеличивает эксплуатационные расходы проектов спортивного назначения (около 70 евро/м² в год) и снижают доступность предоставляемых услуг населению. Одна из глобальных мировых проблем на сегодня – это рациональное использование топливно-энергетических ресурсов. Решение этой проблемы повлияет не только на развитие мирового сообщества, но и на сохранение среды его обитания. Во всех странах мира повышается интерес и спрос к новым технологиям, так как природные ресурсы постепенно уменьшаются, а последствия сжигания топлива наносит огромный ущерб экологической мировой обстановке.

Спортивные сооружения включают бассейны, сухие спортивные залы, тренажерные залы, внутренние и внешние корты, ледовые катки, игровые площадки и команды, со

связанными и меняющимися социальными функциями. Они могут существовать в единичных специализированных центрах или в сочетании центров с более чем одним объектом. Здания спортивного сектора Великобритании тратят 700 миллионов фунтов стерлингов на энергию каждый год, в результате ежегодные выбросы 10 млн тонн углекислого газа (CO_2) – основной вклад в изменение климата. Спортивные услуги, такие как плавательные бассейны, могут заметно снизить расходы на электроэнергию. Часто есть значительные возможности для улучшения: управление техническими системами, внедрение и модернизация энергосберегающих ресурсов. Эти меры могут быть очень полезными, как финансово, так и с точки зрения удобства пользования человеком [1].

Чтобы сравнить размеры годового потребления энергии (топлива), выраженные относительно общей площади в м², можно сравнить их с контрольными показателями в ряде способов, чтобы помочь управлять использованием энергии и снижением затрат на уровне бизнеса. Например, бизнес-менеджер спортивного центра может сравнить ежегодные контрольные показатели затрат на энергию и определить, насколько хорошо спортивный центр работает, а также его вероятный потенциал энергосбережения. Управляющий менеджер спортивного центра может оценить, какое оборудование является наиболее энергозатратным и, следовательно, несет наибольший расход энергии и заслуживает особенного внимания. Подрядчики могут оценить масштабы используемой энергии центрами.

Энергопотребление зависит от разных факторов: погода (в зависимости от географического положения) и степени использования центра, стандарты управления (например, с простым в использовании управления и экономии электроэнергии, управление стандартами освещения, отопления, вентиляции и температурой в бассейне, может полностью поддерживается минимальное использование энергии.) Меры, требующие значительных расходов, должны периодически пересматриваться и внедрять в проектирование новые технологии, чтобы быть рентабельными. К соответствующим технологиям в настоящее время относятся: комбинированное использование тепла и электроэнергии; система освещения; система котлов; изоляция трубопровода; охлаждение; моторы высокой эффективности; регулируемый привод [1].

Тепловыделения в спортивных объектах могут быть основным видом вредности в таких помещениях как сауны и солярии; влаговыделения −в бассейнах и душевых; для помещений химводоподготовки бассейна – химические вещества, такие как пары хлора или серной кислоты. Также в солярии при применении низкокачественных УФ-ламп возможно образование озона, который в высоких концентрациях представляет опасность для здоровья человека.

В спортивных сооружениях оборудуют самостоятельными системами вентиляции следующие типы помещений: спортзалы и залы для подготовительных занятий в бассейнах; залы ванн; уборные и душевые; раздевальные и административно-хозяйственные помещения; хлораторные и склады хлора; помещения технических служб (насосно-фильтровальные, бойлерные, вентиляционные камеры и т.п.). Для саун и солярий предусматриваются также самостоятельные системы вытяжки [1].

Опыт проектирования энергоэффективных спортивных центров

Снижение эксплуатационных расходов по-прежнему является одной из важнейших задач, которая ожидает спортивный сектор строительства в ближайшие годы не только по отношению к вновь созданным объектам, но особенно к тем, которые уже существуют.

1. В Польше было выявлено, что в среднем 1/3 расходов на спортивные сооружения составляют расходы на отопление и электроэнергию. Поэтому, с точки зрения инвестора, наиболее важным элементом инвестиций должно быть использование таких решений и технологий, которые в долгосрочной перспективе (предполагая, что целью является обслуживание населения в течение нескольких лет) имеют наибольшие экономические выгоды. Трудностью может быть баланс между стоимостью строительства или модернизации объекта и преимуществом энергоэффективных решений. Инвестиции в энергоэффективные строительные технологии могут первоначально увеличить расходы в бюджет проекта, но, в последствии, полностью окупить в виде сокращения расходов на техническое обслуживание. В случае строительства новых зданий решением может быть

технология пассивного строительства. Например, строительство спортивного зала площадью 1380 м², которое будет строиться в пассивной системе, стоимость отопления снижается до 1 евро за м² в год, что дает общую годовую стоимость гр.а. 1400 евро. Использование преимуществ современных технологий и проведение термомодернизации существующих зданий за счет использования передовых решений, позволяют повысить энергоэффективность здания до 90 % при одновременном снижении выбросов CO_2 в той же пропорции [1].

2. Общая характеристика проекта предлагаемого комплекса компанией INSOLAR (табл. 1-2), г. Москва. Внедрение современной энергосберегающей экологически чистой тепловой насосной системой теплоснабжения и холодоснабжения. Воздух поддерживает быстрые строительные конструкции общей площадью 2400 м. Предназначен для фитнес-целей и включает в себя конькобежное кольцо (20×40 м), бассейн (25 м), тренажерный зал и фитнес-зал, а также душевые кабины, прокат спортивного снаряжения и кафе [1].

Таблица 1

Общая характеристика объекта

№	Название параметров воздушной конструкции и инженерного оборудования	Значение
1	Размеры конструкции, длина×ширина×высота, м	40×60×10,5
2	Установленная электрическая мощность оборудования	250

Таблица 2

Рабочие характеристики предлагаемого комплекса компанией INSOLAR, г. Москва (по сравнению с обычным решением)

№	Название	Предлагаемое решение	Обычное решение
1	Потребление энергии в год	1200 MWatt/h	1200 MWatt/h
2	Потребление тепла на 1 год	-----	2500 tt/h

3. Энергосберегающий спортивный центр Эго в Испании (рис. 1). Спортивный центр «Эго» − это недавно отремонтированный энергоэффективное здание, расположенное на юго-восточном побережье Испании, в Альмерии. Спортивный комплекс включает в себя два бассейна, тренажерные залы и спортивные площадки на крыше, и он был разработан испанской фирмой Ferrer Arquitectos и завершен в 2013 году. Архитекторы стремились ограничить углеродный след здания и эксплуатационные расходы, включив в него ряд стратегий в области воды и энергоэффективности. Предыдущий объект потратил много денег на использование энергии, поэтому Ferrer Arquitectos разработал новый центр, чтобы быть более эффективным и использовать солнечную энергию для нагрева горячей воды. Крыша существующего бассейна теперь покрыта солнечными тепловыми панелями, которые обеспечивают 80 % горячей воды, необходимой как для бассейнов, так и для душа.

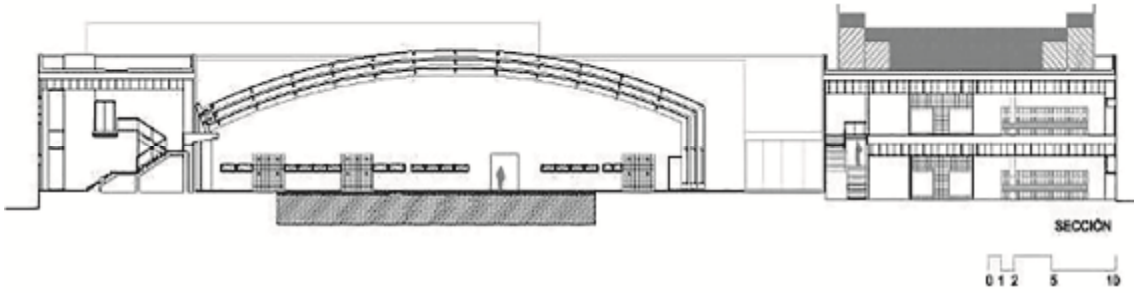


Рис. 1. Энергосберегающий спортивный центр «Эго» в Испании

Петельные линии мгновенно обеспечивают горячую воду и помогают уменьшить потребление воды. Дневной свет широко используется внутри объекта, чтобы свести к

минимуму потребность в искусственном освещении, в то время как утопленные окна – минимизировать коэффициент усиления тепла.

Белый бетонный фасад и тяжелая изоляция помогают снизить потребность в кондиционировании на 30 %. Тщательный дизайн нового тренажерного зала минимизирует эксплуатационные расходы, создавая при этом общественное пространство для людей.

4. Центр водных видов спорта (рис. 2) в норвежском городе от студии ARKIS architects – это продолжение пляжа Холмен с целью защиты природного объекта. Кровля по всей площади здания заменена на сад, расположенный на крыше. Именно с помощью этого приема получилось осуществить идею того, что здание будет сливаться с окружающим его ландшафтом и станет частью пляжной зоны отдыха [2].

Рис. 2. Holmen Aquatics Center. Норвегия

Травянистая крыша имеет наклон на юг и обеспечивает вид на острова и рифы вокруг фьорда неподалеку от Осло. На холме, который считается крышей центра, оборудованы пешеходные дорожки, чтобы по нему свободно перемещались люди. Комплекс имеет форму неправильного параллелепипеда, что объясняется неровностью грунта. Посетителей бассейна встречает широкая лестница с деревянной отделкой в тон всему фасаду (рис. 3).

Рис. 3. Holmen Aquatics Center, интерьер. Норвегия

Главный вход, рецепция, раздевалки и бассейн располагаются на первом уровне здания, приподнимаясь над газоном, который склоняется над одной стороной здания. На нижнем уровне находятся тренажерный зал, многофункциональный зал для групповых занятий, технические помещения и помещения для персонала. Используя систему пассивного дома, архитекторы возвели здание с минимальным вредом для экологии. В экологичную концепцию входят особые методы строительства, материалы и способы утепления. Разработаны приемы с повторным использованием энергии, особенно использующейся при нагреве воды.

В сооружении 650 м² солнечных батарей и 15 глубоких геотермальных скважин на территории, проводящие тепло из нижних слоев земли. А в летние месяцы они избавляют от избыточного тепла.

Holmen Aquatics Center был выбран в качестве одного из 50 модельных проектов в Норвегии в рамках проекта Futurebuilt. Этот комплекс считается лучшей реализованной идеей в области использования энергии в Норвегии [2].

5. Спортивно-развлекательный центр и яхт-клуб президентского Спортивного Клуба Дзюдо «Явара-Нева», Санкт-Петербург, Петроградский район, остров Бычий. Факт того, что остров Бычий находится в зоне охранного ландшафта и природопользования, определил генплан и стилистику сооружения как «зеленой, климатической, инновационной и энергоэффективной архитектуры» [3].

Генеральный план острова создает конфигурацию комплекса: форма здания повторяет уже существующую излучину территории, аэродинамический силуэт в плане и наличие ветрозащитных экранов с севера и северо-запада с печатью на стекле защищают посетителей объекта от доминирующих ветров со стороны Финского залива (рис. 4).

Рис. 4. Вид сверху на остров Бычий, Санкт-Петербург

Консольный козырек с солнцезащитной печатью накрывает входную площадь, что в свою очередь формирует неординарный интерьер площади, определяет центр композиции (рис. 5).

Рис. 5. Спортивно-развлекательный центр
и яхт-клуб президентского Спортивного Клуба Дзюдо «Явара-Нева», Санкт-Петербург

Принципы «зеленой» архитектуры развивают крытые «японские» сады с вечнозелеными соснами гостиничной части объекта, а также эти сады украшают фасады здания.

Семантику объекта, как спортивного клуба дзюдо, раскрывает устройство цветочниц, ветрозащитных экранов на террасах, вертикальные солнцезащитные ламели на спортивном центре, золотые фризы на входных группах, светопропускаемое, обратноокрашенное и тонированное стекло фасадов, цветовая гамма и сам эко – минимализм [3].

Для остекления спортивного центра предусмотрена стоечно-ригельная система фасадного остекления. Светопрозрачные заполнения механически закрепляются на несущей конструкции с помощью прижимных планок, которые сверху закрываются декоративными планками и фасадными ламелями. Герметичность конструкции обеспечивается за счет применения уплотнителей. Данный вид фасада обеспечивает зданию высокий уровень энергоэффективности [3].

Остекление объекта производится такими типами остекления, как: светопропускаемое, обратнокрашенное, тонированное, противопожарное, триплекс. Уличные ветрозащитные экраны выполнены по системе спайдерного остекления с печатью на стекле. Один из ресурсосберегающих приемов для снижения затрат электроэнергии на кондиционировании эксплуатируемых спортивных сооружений – это солнцезащита (рис. 6-7).

Рис. 6. Спортивно-развлекательный центр
и яхт-клуб президентского Спортивного Клуба Дзюдо «Явара-Нева», Санкт-Петербург

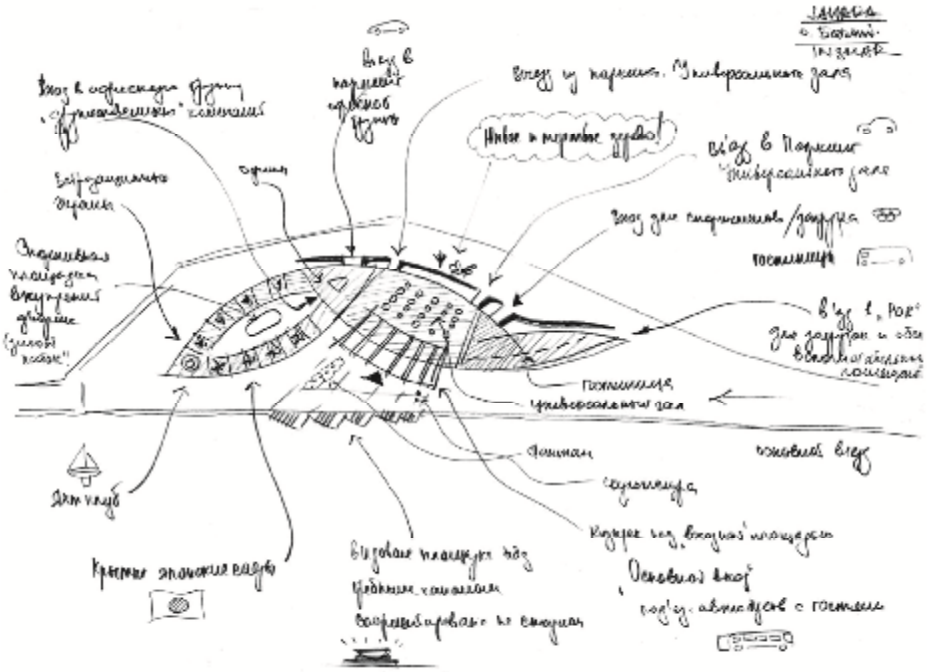


Рис. 7. Эскиз. Спортивно-развлекательный центр
и яхт-клуб президентского Спортивного Клуба Дзюдо «Явара-Нева», Санкт-Петербург

Варианты солнцезащиты могут быть различными. В этом объекте применены печати на стеклянных элементах фасада и кровли, фасадные ламели, маркизы, светорассеивающие козырьки, печать на стекле на фасадах, тонированное стекло фасадов, печать на стекле фонарей и козырька. Это влияет на солнцезащиту помещений различного назначения, рассеянный свет в них, а также защита стекла от видимых загрязнений от атмосферных осадков; печать на стекле ветрозащитных экранов создает визуальный барьер личного дворового пространства проживающих в коттеджах от общественных зон [3].

6. Дворец водных видов спорта, г. Казань. Установленные во дворце системы вентиляции и кондиционирования с рекуперацией тепла позволяют сэкономить приблизительно до 30-40 % расходов на энергообеспечение комплексов. Для того чтобы сохранить тепловую энергию в здании применяются современные панели с эффективным утеплителем, энергоэффективные окна с повышенным уровнем теплозащиты, а также энергоэкономичные светильники на светодиодах, потребляющие в два раза меньше электроэнергии, чем обычные лампы. Это образец одного из энергоэффективных спортивных комплексов Казани [4].

7. Большая ледовая арена с каплевидным куполом в Сочи общей площадью 7000 м². Ледовые арены в городах с теплым климатом требуют в несколько раз больше энергии, чтобы обеспечить правильный эксплуатационный процесс. Устройство катка в сооружениях мирового значения требует особой внимательности, так как лед должен быть идеально ровным, с соблюдением условий устройства и эксплуатации и при этом в помещениях должна поддерживаться комфортная температура для посетителей.

Для утепления купола применялись высокоэффективные теплоизоляционные материалы (негорючие минераловатные плиты «Технолайт Оптима»), а стеклопакеты создавались с применением специальных стекол: верхнее стекло обеспечивает теплосбережение и защиту от солнца, нижнее − безопасность зрителей.

8. Спортивные тренажеры, вырабатывающие электричество. Энергия в спортивных сооружениях экономится не только благодаря конструкциям и новым технологиям строительства, но и с помощью энергосберегающего оборудования.

Например, в клубе Club and Spa (Бристоль) установлены Pedal-Powered тренажеры (тренажёр-велосипед). За месяц посетители вырабатывают 574 КВт·ч кумулятивной энергии, тем самым уменьшают выбросы на «в258kg CO^2». Такая экономия обеспечивает питанием плазменный телевизор на 158 дней, освещение зала около 9,573 часов и держит холодильник включенным в течение двух лет. Также в Америке в Портленде находится фитнесс-центр Green Microgym, он экономит 85 % расходов на электричество при помощи оборудования Technogym.

Источники энергии для проектирования энергоэффективного спортивного центра

При проектировании спортивных объектов важную роль играют энергоэффективные технологии, например, применяется современное насосное оборудование и другое оборудование.

Оборудование спортивных центров современной энергосберегающей экологически чистой тепловой насосной системой теплоснабжения и холодоснабжения, а также использование нетрадиционных источников энергии позволяет снизить эксплуатационные расходы проекта до 25€/м² в год. Эти условия поддерживают работу объекта как летом, так и зимой при температуре наружного воздуха в среднем от -20°С зимой до +25°С летом. Таким образом, комфортные условия для спорта в центре, а также очертания габаритов позволяют разместить спортивный центр практически в любом районе города. Приоритет технологий теплоснабжения, эксплуатирующих нетрадиционные источники энергии в сравнении с их традиционными аналогами, связаны не только с сокращением затрат энергии, но и с их экочистотой, а также новыми возможностями в области повышения степени автономности различных систем жизнеобеспечения зданий. Именно эти качества имеют определяющее значение в организации конкурентной обстановки на рынке теплогенерирующего оборудования [5].

Поиск возможностей создания и применения в экономике России различных технологий энергосбережения, использующих нетрадиционные источники энергии, показывает, что в стране наиболее перспективной областью их внедрения являются

системы жизнеобеспечения зданий. При этом эффективным направлением внедрения рассматриваемых технологий в практику строительства представляется широкое применение теплонасосных систем теплоснабжения (ТСТ), использующих в качестве повсеместно доступного источника тепла низкого потенциала грунт поверхностных слоев Земли [6]. При использовании тепла Земли выделяются два вида тепловой энергии – высокопотенциальная и низкопотенциальная. Источником высокопотенциальной тепловой энергии являются гидротермальные ресурсы – термальные воды, нагретые в результате геологических процессов до высокой температуры, что позволяет их использовать для теплоснабжения зданий [7].

Низкопотенциальное тепло Земли эксплуатируется в различных типах спортивных объектах многими способами: для горячего водоснабжения, отопления, кондиционирования (охлаждения) воздуха, для устранения обледенения, подогрева полей на открытых спортивных сооружениях и т. п. В зарубежной технической литературе такие системы обозначаются как «GHP» – «geothermal heat pumps», геотермальные тепловые насосы [8].

Тепловой режим грунта поверхностных слоев Земли образуется под воздействием двух главных факторов – падающей на поверхность солнечной радиации и потоком радиогенного тепла из земных недр. Сезонные и суточные изменения интенсивности солнечной радиации и температуры наружного воздуха провоцируют колебания температуры верхних слоев грунта. Глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий находится в пределах от нескольких десятков сантиметров до полутора метров. Глубина проникновения сезонных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации не превышает, как правило, 15-20 м. Температурный режим слоев грунта, расположенных ниже этой глубины («нейтральной зоны»), образуется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр Земли и практически не зависит от сезонных, а тем более от суточных изменений параметров наружного климата [9].

Освещение. Старые системы освещения в спортивных зонах, бассейнах или общей области могут быть неэффективными или первоначально световые уровни могут быть чрезмерными. Высоко освещённые уровни могут быть предоставлены для телевещания, но работа ведется очень редко. Основное освещение должно быть дневным.

Тепловые системы. Для центральных систем, высокую эффективность (желательно конденсационную) значительную экономию обеспечивают котлы. Иногда локализованное и локально контролируемое отопление может использовать меньше энергии, в частности, где тепло требуется меньше всего. Например, в высоких спортивных залах газовые инфракрасные обогреватели могут обеспечить высокоэффективное «по требованию» отопление.

Рекуперация тепла. Вытяжной воздух бассейна восстанавливает тепло. Как правило, рентабельно, если правильно спланировать, потому что газ и нефть в настоящее время стоят гораздо меньше, чем электричество (в настоящее время – одна пятая), любое увеличение потребления электроэнергии вентилятором или насосом должно быть как можно ниже, иначе установка теплового насоса будет экономически невыгодной.

Комбинированное тепло- и электроснабжение. ТЭЦ часто генерирует электроэнергию на месте с помощью газового генератора. Он экономит энергию и деньги, делая доступным (горячая вода) тепло выхлопных газов двигателя, которое могло бы выделяться впустую. Поэтому существенно уменьшается потребность центра в электроэнергии от сети, но незначительно увеличивается использование газа, поскольку ТЭЦ вырабатывает горячую воду с меньшей эффективностью, чем котел. При проверке производительности надо знать количество газа, потребляемого ТЭЦ и электроэнергии, которую он производит. Размеры тепла и электричества, вырабатываемые ТЭЦ должны быть рассчитаны в соответствии с нагрузкой и количеством работы спортивного центра. Поскольку ТЭЦ должны работать в течение долгих часов, и чтобы быть экономически эффективными, они не должна быть объемными. ТЭЦ, как правило, экономически эффективны в больших плавательных бассейнах, которые имеют соответствующую круглогодичную тепловую нагрузку (бассейн с подогревом). Единицы ТЭЦ могут принадлежать владельцам спортивных центров. У ТЭЦ установлены стандарты качества.

Оценка затрат и выгод ТЭЦ включает как плановое техническое обслуживание, так и более крупное − капитальный ремонт, который, как правило, требуется с интервалом в 2-5 лет (в зависимости от конкретного завода и его интенсивности использования) [10].

Конструкции здания. Улучшение теплоизоляции здания. Своевременная энергоэффективная реконструкция сооружения. Даже новые спортивные здания часто не воздухонепроницаемые, поэтому их проверка и герметизация может быть частой и обоснованной, особенно там, где заметны увеличения параметров тепло- и электроэксплуатации.

Вентиляция. Вентиляторы обычно имеют максимальный размер (по требованию норм), но на практике это требование соблюдается очень редко. Затраты энергии могут быть высокими для любой механической приточно-вытяжной вентиляции здания, особенно это распространяется на плавательные бассейны. Высокоэффективные вентиляторы и двигатели вместе с чувствительными конструкциями воздуховодов и вентиляционных установок могут уменьшить требования к мощности при полной нагрузке. Более эффективные вентиляторы за большую часть времени работы могут сэкономить более 50 % энергии вентиляции. Бассейн требует меньше вентиляции, если уровень активности ниже водоочистки бассейна; какая-либо система (например, система ультрафиолетовых лучей) производит меньше запаха. В этих случаях снижение скорости вентилятора (до уровня еще достаточного для того, чтобы избежать конденсации) может сохранить большое количество электрической и тепловой энергии [11].

Бассейн. В бассейне уменьшается потеря тепла от воды, большая потребность для вентиляции ночью. Это еще больше снижает расходы на отопление и электричество в хорошо спроектированной, контролируемой и управляемой системе.

Меры по экономии энергии: использование дневного света; стратегии, сочетающие естественную вентиляцию с механической вентиляцией, охлаждения помещения; оптимальное количество раздевалок и душевых с целью экономии водных ресурсов и освещения; эффективная разработка нагрузок на здание, своевременная эксплуатация, ремонт; замена оборудования на более современное; использование конденсационных котлов и высокоэффективного освещения; слежение во время эксплуатации за работой вентиляторов и регулирование их работы; рекуперация тепла, как правило, экономически эффективна для вентиляции бассейна.

Зеленая электроэнергия: энергоэффективные приборы (в соответствии с новым законом об энергосбережении); технология производства возобновляемой энергии на объектах (за счет использования солнечных батарей, солнечных коллекторов, тепловых насосов и т. д.).

Водопотребление: водосберегающее сантехническое оборудование; счетчики воды; краны для воды с сенсорными датчиками.

Заключение

Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что энергосберегающие решения позволяют обеспечить эффективное использование внутреннего объема здания спортивного сооружения. Большое количество альтернативных источников энергии, разумно объединенных и интегрированных в одно здание спортивного центра, позволяет снизить потребность и расходы на энергозатраты и оборудование.

Список библиографических ссылок

1. Васильев Г. П. Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий // Энергосбережение. 2002. № 5. С. 48−51.
2. Водный Центр Холмен, студия ARKIS // ARCHDAILY.RU : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: http://nrd.adsttc.com/882123/holmen-aquatics-center-arkis-architects (дата обращения: 14.12.2017).
3. Спортивно-развлекательный центр и яхт-клуб // OLD.UAR.RU : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: http://old.uar.ru/projects/24 (дата обращения: 23.12.2017).

4. Дворец водных видов спорта в Казани // ARCHPLATFORMA.RU : еженед. интернет-изд. 2014. URL: http://www.archplatforma.ru/profile.php?act=2&abur=2&objid=13 (дата обращения: 02.12.2017).
5. Энергосбережение: выбор и установка геотермальной системы теплового насоса // APPS1.EERE.ENERGY.GOV : еженед. интернет-изд. 2008. URL: https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy (дата обращения: 26.11.2017).
6. Энергосбережение: геотермальные тепловые насосы // APPS1.EERE.ENERGY.GOV : еженед. интернет-изд. 2008. URL: https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy (дата обращения: 28.11.2017).
7. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М. : авок-пресс, 2003. 200 с.
8. Общество возобновляемой энергии Колорадо − геотермальная энергия // CRES-ENERGY.ORG : еженед. интернет-изд. 2001. URL: http://www.cres-energy.org/techbasics/geothermal_div1.html (дата обращения: 10.11.2017).
9. Васильев Г. П., Закиров Д. Г., Абуев И. М., Горнов В. Ф. О тепловом ресурсе сточных вод и его использовании // Водоснабжение и канализация. 2009. № 7-8. С. 50−53.
10. Васильев Г. П., Шилкин Н. В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах // АВОК. 2003. № 2. С. 52−61.
11. Шонина Н. А. Особенности проектирования систем отопления и вентиляции фитнес-клубов // АВОК. 2014. № 6. С. 44−51.

Zubkova Yana Olegovna
architect
E-mail: zubkova.yana.01@yandex.ru
LLK «Remontstroyservis»
The organization address: 420030, Russia, Kazan, Arkhangelsk highway, d. 7
Fakhrutdinova Inessa Alekovna
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

Ways to reduce energy consumption in the architecture of modern sports centers

Abstract

Problem statement. The volume of electricity consumed by sports buildings around the world is growing steadily. The purpose of the article is to study alternative energy sources, to find the optimal solution for achieving low energy consumption in sports centers by comparing solar energy and any other sources; to reduce the cost of maintaining a sports center.

Results. Analysis of domestic and foreign experience in the operation of energy sources in sports buildings allows to identify alternative energy sources to provide energy to sports centers.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in revealing the principles of sports facilities maintenance with the help of alternative energy sources, which allows saving on the operation of buildings. Identified alternative sources of energy can be the basis for the design of new sports centers, which in General will affect the economy of the city/region/state.

Keywords: the architecture of modern sports centers, alternative sources of energy in sports centers, energy resources of sports facilities, natural lighting of sports centers, energy-saving sports architecture.

References

1. Vasilyev G. P. Economically feasible level of thermal protection of buildings // Energosberezheniye. 2002. № 5. P. 48−51.

2. Holmen Aquatics Center, ARKIS architects // ARCHDAILY.RU : week. internet-edit. 2017. URL: http://nrd.adsttc.com/882123/holmen-aquatics-center-arkis-architects (reference date: 14.12.2017).
3. Sports and entertainment center and yacht club // OLD.UAR.RU : daily. internet-edit. 2017. URL: http://old.uar.ru/projects/24 (reference date: 23.12.2017).
4. Palace of water sports in Kazan // ARCHPLATFORMA.RU : week. internet-edit. 2014. URL: http://www.archplatforma.ru/profile.php?act=2&abur=2&objid=13 (reference date: 02.12.2017).
5. Energy Savers: Selecting and Installing Geothermal Heat Pump System // APPS1.EERE.ENERGY.GOV : week. internet-edit. 2008. URL: https://www.energy.gov /eere/office-energy-efficiency-renewable-energy (reference date: 26.11.2017).
6. Energy Savers: Geothermal Heat Pumps // APPS1.EERE.ENERGY.GOV : week. internet-edit. 2008. URL: https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy (reference date: 28.11.2017).
7. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. Efficient building. M. : AVOK-press, 2003. 200 p.
8. Colorado renewable energy society – geothermal energy // CRES-ENERGY.ORG : week. internet-edit. 2001. URL: http://www.cres-energy.org/techbasics/geothermal_div1.html (reference date: 10.11.2017).
9. Vasilev G. P., Zakirov D. G., Abuev I. M., Gornov V. F. On the thermal resource of waste water and its use // Vodosnabzheniye i kanalizatsiya. 2009. № 7-8. P. 50–53.
10. Vasiliev G. P., Shilkin N. V. Use of low-potential heat energy of the earth in heat pump systems // AVOK. 2003. № 2. P. 52–61.
11. Shonina N. A. Features of design of systems of heating and ventilation of fitness clubs // AVOK. 2014. № 6. P. 44–51.

УДК 72.01
Каримова Луиза Ирековна
архитектор
E-mail: luiz-karimova@yandex.ru
OFFICE DE Architects
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Зур Урам д. 1а, оф. 28
Денисенко Елена Владимировна
кандидат архитектуры
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Применение принципов ресурсосбережения при строительстве архитектурных объектов на водном каркасе

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – показать возможность глобального строительства в акватории региона Российской Федерации, выявить принципы ресурсосбережения при строительстве на водном каркасе, т.к. в период глобального строительства необходимо рассматривать все возможные виды строительства на разных плоскостях, в том числе и на воде.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выведении принципов ресурсосбережения при строительстве архитектурных объектов на водном каркасе, а именно: повторное применение водного ресурса, применение концепции зеленой инфраструктуры, применение приливной энергии и мельниц, захват и повторное использование дождевой воды, использование сточных вод в качестве энергоресурса, солнечная батарея на воде (двойное отражение) и использование речных потоков (ветер под водой). В научной статье приводится анализ современных способов ресурсосбережения и альтернативных источников энергии, их адаптация к архитектуре на водном каркасе.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что данные принципы позволят сформулировать каноны строительства новой типологии архитектуры в регионе Российской Федерации.

Ключевые слова: принципы ресурсосбережения, строительство на воде, архитектура водной среды, принципы устойчивого развития, водосбережение, эффективность, сохранение водной среды, управление водными ресурсами.

Введение

Российская Федерация одна из самых богатых в мире стран по такому показателю, как водные ресурсы. Примерно 70 % уже не может рассматриваться в качестве источников воды для жизни, поскольку уровень содержащихся в них загрязнений превышает (причем порой во много раз) установленные санитарные нормы. Обусловлено это множеством факторов: выброс заводских и фабричных отходов в реки, влияние транспортно-пешеходных магистралей, проходящих над водоемами, выброс продуктов жизнедеятельности при эксплуатации набережных, деятельность промышленных объектов в водной среде (станции и нефтяные вышки на воде) [1].

Современное строительство не стоит на месте, человек начал осваивать водный каркас в качестве кластера обитания, обеспечивая себя всеми необходимыми элементами инфраструктуры.

Водная структура – это сложная система, которая находится в постоянном движении, взаимодействии с различными природными элементами и человеком. Такой физический процесс как «диффузия» делает ее более уязвимой к антропогенным воздействиям и деятельности человека [2].

Для включения элементов регулирования качества водных ресурсов в водохозяйственную деятельность необходимо стремиться к достижению сохранения целостности экосистемы благодаря ведению хозяйственной деятельности на основе

принципа, предусматривающего охрану водных экосистем, включая живые ресурсы, и их эффективную защиту от любых видов деградации в пределах водосборного бассейна [3].

В Сакраменто, штат Калифорния осуществлен масштабный проект, который называется 7×7×7: Design, Energy, Water (http://www.7x7x7designenergywater.com/). Научная статья базируется на проектных предложениях данной программы. Применение концепции реорганизации, которая позволяет сократить потребление энергии и воды, позволит создать высокотехнологичную архитектуру с устойчивым развитием. В данном проекте так же широко применены принципы ресурсосбережения, которые можно адаптировать к архитектуре на водном каркасе.

Цель исследования заключается в выведении принципов ресурсосбережения, применимых при строительстве архитектурных объектов на водном каркасе.

Система планирования пространства

Строительство объектов на водном каркасе предполагает более тщательную проработку всех архитектурных аспектов: от конструкций до инженерных систем коммуникаций. Выведение принципов ресурсосбережения на водном каркасе напрямую зависит от технологий и самих подходов формирования данных принципов. В Нидерландах в начале 90-х выявлена трехэтапная схема устойчивого развития здания под названием «Trias Energica» Е. Лайсена. Следующие шаги для достижения устойчивого энергоснабжения предложены Лайсеном[1] [4]:

1. Постоянное повышение энергоэффективности;
2. Более широкое использование устойчивых источников энергии;
3. Более чистое использование оставшихся ископаемых видов топлива.

Данные три ступени лежат в основе принципов, адаптивных к водному каркасу. С. А. Дж. Дуйвестейн[2] представил более структурированный подход, направленный на строительную отрасль, которая поставила три фактора в порядке их воздействия на устойчивость. Наиболее благоприятная мера поставлена наверху и наименее благоприятным стал последний шаг. Этот процесс выравнивания привел к «Trias Energetica», который теперь широко используется в Нидерландах:

1. Предотвратить использование энергии путем пересмотра использования энергии (предотвращение);
2. Использовать устойчивые источники энергии как можно шире (возобновление);
3.Когда спрос на энергию по-прежнему сохраняется, необходимо сохранение эффективного использования топлива (эффективность) [5].

Рис. 1. Схема, основанная на принципах Е. Лайсена и С. А. Дж. Дуйвестейна

Подходы, сформированные в Нидерландах, подходят для формирования принципов ресурсосбережения на водном каркасе для архитектуры в климатических условиях России.

[1]H.J.H. Brouwers, A.G. Entrop, New triplet visions on sustainable building, The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005 (SB05Tokyo).
[2]C.A.J. Duijvestein, Ecologisch bouwen (In Dutch), 1997.

Данные подходы могут обеспечить устойчивое решение для использования энергии воды, в качестве источника питания архитектурной среды, для этого необходимо (рис. 1):

1. Принять меры по экономии энергии;
2. Использовать устойчивые источники энергии;
3. Максимально эффективное использовать энергоресурсы;

В качества источника энергии берется водная структура, которая участвует во всех циклах жизнеобеспечения архитектурного сооружения.

В циркуляции архитектурного объекта участвует три ресурса: энергия, вода и материалы, которые влияют на формирование архитектурного объекта. В результате жизнедеятельности объекта вырабатываются выбросы в атмосферу, воду и землю. Таким образом, архитектура представляет собой «модуль», для функционирования которого необходима энергия, которая предоставляется ресурсами. Данные ресурсы участвуют в формировании «модуля» – архитектуры, жизненный цикл которого непосредственно связан с постоянными выбросами в окружающую среду (рис. 2) [6].

Рис. 2. Схема жизнедеятельности архитектурного объекта

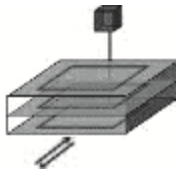
Выявление цикла жизнедеятельности архитектурного пространства приводит к выводу формирования архитектурной среды, которую необходимо менять ради устойчивого развития архитектуры будущего.

Энергия – конечная движущей силы роста городов, обеспечивая двигатель для ее физической и экономической деятельности, однако концентрация энергии в более ценных формах, таких как вода, лежит в основе потенциала развития. Изучение взаимодействия между потоками ресурсов (возобновляемыми и невозобновляемыми) и пространственным распределением активов, используя потребление хозяйств в качестве основной линзы, с помощью которой можно построить региональную модель, адаптивную к среде [7].

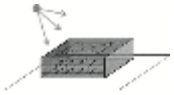
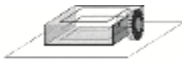
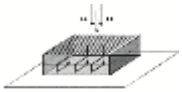
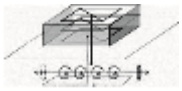
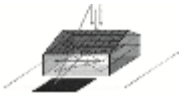
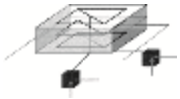
На основании анализа 50 проектов выявлены следующие принципы ресурсосбережения в архитектуре, непосредственно взаимодействующие с водой (табл.).

Таблица

Принципы ресурсосбережения

№	Принцип ресурсосбережения	Функциональная схема	Краткое описание принципа	Примеры	
1.	Повторное применение водного ресурса		Осуществляется рециркуляция воды в системе здания	Рынок Manlleu, Испания, Comas-Pont architects	Ботанический сад Ван Дусена, Busby Perkins + Will

Продолжение таблицы

2.	Применение концепции зеленой инфраструктуры		Зеленая структура – дренаж в системе здания	Living with Lakes Centre Laurentian University, Садбери, Канада	Культурный центр ACROS, Фукуока, Эмилио Амбаш
3.	Применение приливной энергии и мельниц		Альтернативный источник энергии	COR building, Майами, OPPENheim architecture+design	Oklahoma Medical Research Foundation (OMRF), Оклахома, Venger Wind
4.	Захват и повторное использование дождевой воды		Структура здания сформирована для сбора и эксплуатации дождевой воды	Арена Bilbao, Испания, ACXT Architects	Электростанция биомассы Hotchkiss, США, Centerbrook Architects and Planners
5.	Использование сточных вод в качестве энергоресурса		Применение химических процессов для выработки энергии	Проект автономного здания «Ковчег», Россия, мастерская Александра Ремизова	
6.	Солнечная батарея на воде (двойное отражение)		Альтернативный источник энергии – усиление эффекта за счет отражения водой	Solarfabrik (Solar Factory), Фрайбург, Рольф Диш, Маттиас Готц	Heliotrop, Рольф Диш
7.	Использование речных потоков. Ветер под водой		Речной поток в качестве двигателя и выработки энергии	Подводный небоскреб Gyre, Zigloo	«Водоскреб» Water Scraper, Малайзия, Sarly Adre Bin Sarkum

1 принцип. Повторное применение водного ресурса

Полная переработка воды на месте скоро станет реалистичным предложением во многих объектах.

Данный принцип заключается в делении воды на четыре уровня качества: питьевой, непищевой, серый и черный. Питьевая вода безопасна для питья. Непищевая вода небезопасна для питья, но безопасна для других целей, таких как промывка и орошение туалета. Серая вода включает воду, которая использовалась для мытья рук, посуды и одежды. А черная вода – это вода, содержащая человеческие отходы.

Вся вода на земле перерабатывается, выпадая из насыщенного воздуха, как дождь, снег, мокрый снег или град, впитывается в землю, чтобы втягиваться в растения, а затем отводиться обратно в воздух через испарение [5].

Ботанический сад Ван Дусена Busby Perkins + Will (https://www.archdaily.com/215855/vandusen-botanical-garden-visitor-centre-perkinswill) демонстрирует данный принцип. В здании используются только возобновляемые источники энергии. Системы сбора дождевой воды, её дальнейшей фильтрации и использования для полива растительности делают строение максимально полезным для всего ботанического сада. Изогнутая форма крыши максимально приспособлена для сбора осадков, это демонстрирует симбиоз архитектурных и инженерно-технических решений.

Другой подход в архитектурной организации данного принципа представлен в здании рынка Manlleu в Испании компании Comas-Pont architects (http://nrd.adsttc.com/439034/manlleu-market-comas-pont-arquitectes). Распределение воды происходит в самой системе здания за счет в водосборных баках под зданием.

Таким образом, данный способ позволяет сэкономить ограниченный ресурс и позволит уменьшить выработку отходов, выводимую водой.

2 принцип. Применение концепции зеленой инфраструктуры

Зеленая инфраструктура объединяет растительность, почву и естественные процессы для управления водой и создания более здоровой городской среды, действует, в отличие от обычного подхода, в большинстве городских районов, где ливневые воды сливаются через инженерные системы сбора и выгружаются в близлежащие водоемы. Последняя практика несет в своих сточных потоках высокие уровни бактерий, тяжелых металлов и мусора, которые ухудшают приемные реки и озера. Зеленая инфраструктура может также создавать чистые ненужные потоки отходов с использованием систем обработки биоотходов (часто называемых живыми машинами), которые производят питьевую или оросительную воду. Эти аспекты проектирования служат основополагающими для продуманных проектов [5].

«К главному драйверу сохранения водных ресурсов сегодня относится понимание того, что природные ресурсы ограничены, и что будущие поколения будут влиять на сегодняшние архитектурные решения», – говорит Хорхе Мастропитро[3].

Зеленые инфраструктурные стратегии были применены в Центре Vale Living with Lakes в Университете Лаврентия, Садбери, Онтарио (http://www.vale.com/canada/EN/initiatives/living-with-lakes/Pages/default.aspx). Дождевая вода, которая не поглощается растительной зеленой крышей здания, перенаправляется на заправку, заполненную растениями, на стоянке. Вода течет из биосферы в пруд, где он оседает и хранится для повторного использования серых сточных вод в здании.

В культурном центре ACROS архитектора Эмилио Амбаша (https://xn----8sbiecm6bhdx8i.xn--p1ai/node/2698) водосбор и переработка водного ресурса производится растительностью на фасаде, встроенное в ландшафт здание представляет собой яркий образец зеленой инфраструктуры.

3 принцип. Применение приливной энергии и мельниц

Ветряные мельницы широко применялись еще до задумки об альтернативных источниках энергии. С развитием архитектуры и технологий, появились новые решения адаптации простой системы мельницы и выработки максимального количества энергии из простой системы.

Проект COR building в Майами компании OPPENheim architecture + design (https://energo.house/veter/zdanie-s-vetrovoj-energiej.html) демонстрирует возможность применения ветряных мельниц в структуре здания. Помимо экономии ресурсов и электроэнергии кондоминиум приобретает архитектурную выразительность за счет ветряков, установленных на трех верхних этажах здания и способных образовать целую ветроэлектростанцию.

[3]AIA, директор Jorge Mastropietro Architects Atelier.

В здании фонда медицинских исследований в Оклахоме, США, компании Venger Wind (https://econet.ru/articles/2355-krupneyshaya-v-mire-vetrovaya-elektrostantsiya-na-kryshe) 18 ветровых турбин с вертикальной осью вращения лопастей интегрированы в конструкцию здания и точно позиционированы для сбора энергии ветра, дующего как с северной, так и с южной стороны. Каждая из них имеет высоту 5,55 метра и рассчитана на выработку 4,5 киловатт электроэнергии.

Данный принцип можно адаптировать к природным условиям России, богатой сильными ветрами, которые делают страну идеальным кандидатом на производство энергии через ветряные электростанции, которые можно объединить с архитектурой на водном каркасе.

4 принцип. Захват и повторное использование дождевой воды

Сбор дождевой воды фокусируется на перехвате ливневого стока для полезного использования. Здания и ландшафты «могут быть спроектированы таким образом, чтобы максимально увеличить площадь водосбора, тем самым увеличивая возможности сбора дождевой воды», – говорит Рейган М. Васк[4]. Перехваченная вода может собираться, удерживаться и направляться для использования в испарительных охладителях, промывке туалета, на фермах и автомойках, орошении внутренних растений, а также орошении газонов и огорода.

В арене Бильбао в Испании компании ACXT Architects (https://www.archdaily.com/183721/bilbao-arena-acxt) установлено несколько баков для сбора дождевой воды. Собранной во время дождей жидкости хватает для эксплуатации арены. Более того, спорткомплекс отдает очищенную, питьевую воду на нужды города Бильбао.

Сбор дождевой воды лучше всего работает с простыми конструкциями. Архитектурные желоба и водосточные трубы, прочные контейнеры для хранения или направляющие дождевые осадки непосредственно на насаждения и газоны – обеспечивают прочное и простое в обслуживании решение [6].

Так, крыша здания электростанции биомассы Hotchkiss в США компании Centerbrook Architects and Planners (http://apartmentinteriors.ru/dizayn-elektrostantsii-v-ssha/) общая площадь которого более 5000 м^2, покрыта густой растительностью и имеет волнообразные очертания, что позволяет станции органично вписываться в местный ландшафт и иметь при этом широкую площадь сбора дождевой воды.

5 принцип. Использование сточных вод в качестве энергоресурса

Любой крупный город ежедневно сбрасывает в открытые водоемы гигантское количество сточных вод, загрязняющих экосистему. Казалось бы, отравленная нечистотами вода уже никому не может пригодиться, но это не так – ученые открыли способ создавать на ее основе топливные элементы.

Идея создания данной системы принадлежит профессору Университета штата Пенсильвания Брюсу Логану. Общая концепция построена на двух столпах - применении бактериальных топливных ячеек и установке обратного электродиализа. Бактерии окисляют органическое вещество в сточных водах и производят в данном процессе электроны, создавая электрический ток.

Для производства электричества может использоваться почти любой тип органического отходного материала – не только сточные воды, но и отходы животноводства, а также побочные продукты производств в виноделии, пивоварении и молочной промышленности. Данный принцип ресурсосбережения применяется в проектах современных архитекторов. Проект автономного здания «Ковчег» (http://www.mirprognozov.ru/prognosis/science/bioklimaticheskoe-zdanie/) проектной Мастерской Александра Ремизова спроектирован как единая энергетическая система с бесперебойным энергоснабжением на основе использования утилизации отходов.

[4]Директор Института воды в Колорадо и председатель водного центра Государственного университета штата Колорадо.

6 принцип. Солнечная батарея на воде (двойное отражение)

Солнечные батареи зачастую бывают довольно больших размеров, поэтому сложно подобрать такие объекты недвижимости, на которых их можно было бы разместить. Швейцарская компания разработала новый подход и нашла свои пути решения этой проблемы. Компания запускает плавающий остров, покрытый солнечными батареями на озере Невшатель. Каждый из трех запланированных островов диаметром 25 метров сможет разместить на себе 100 фотоэлектрических панелей, которые могут работать на протяжении 25 лет (https://cameralabs.org/4758-solnechnye-batarei-v-nebe-na-vode-i-v-kosmose). Такой подход использования солнечных батарей позволяет сформировать архитектурное пространство на водном каркасе. Возможность внедрения солнечных батарей продемонстрирована в здании Solarfabrik во Фрайбурге, где Рольф Диш и Маттиас Готц (http://green-city.su/%EF%BB%BFsolnechnye-moduli-kak-element-arxitekturnogo-dizajna/) применяют концепцию доминирования, которая заключается в выделении систем солнечной батареи среди других форм и материалов, применённых во внешнем облике здания. Солнечная энергоустановка становится доминантой в архитектурной композиции проекта, обеспечивая эстетический эффект. Солнечная технология выставляется напоказ, чтобы подчеркнуть инновационный энергоэфективный характер здания. Установка такого типа объекта в акватории позволит обеспечить здание электроэнергией на долгое время за счет двойного отражения.

7 принцип. Использование речных потоков. Ветер под водой

Данный процесс похож на ветряные турбины, использует естественные силы путем прямого контакта, перемещая массовые количества воды, одновременно собирая энергию для создания электричества. Поток воды через турбины создает вращательное движение в генераторах, что приводит к накопленной энергии. Этот процесс наиболее эффективен с точки зрения затрат и наименее опасен для экосистем, по сравнению с другими формами приливной энергии [8].

Примером служит проект подводного небоскреба Gyre компании Zigloo (http://aenergy.ru/2278). Подводная часть здания функционирует в качестве генератора приливной волны, когда Gyre стоит на якоре, служит в качестве двигателя для приведения небоскреба в движение. Более футуристичный проект водоскреба Water Scraper компании Sarly Adre Bin Sarkum (https://near-future.ru/arxitektura-budushhego-zhizn-na-vode-i-pod-nej/) выражает утопичную на первый взгляд идею – добыча энергии за счет подводных течений гигантскими «щупальцами», которые так же поддерживают устойчивость водоскреба в плавании, но, тем не менее, данный проект привлек внимание современных архитекторов и инженеров.

Описанные выше принципы либо широко применяются, либо только вводятся в оборот. Каждый из них применяется при строительстве объектов на природном ландшафте, но они также идеально подходят для адаптации к архитектуре на воде.

Принципы ресурсосбережения делятся на два типа: внутренняя циркуляция, наружная циркуляция.

Деление обусловлено тем, что каждый из процессов затрагивает разные виды водного ресурса и протекают во внешней среде либо в самом здании.

Таким образом, идеальная структура представляет собой симбиоз данных принципов, которые создают идеальную структуру устойчивого развития (рис. 3).

Рис. 3. Схема симбиоза принципов ресурсосбережения

Используя воду в качестве ресурса для выработки электроэнергии, минимизация отходов и рециркуляция воды в системе, позволяют осваивать водную структуру в качестве кластера обитания без влияния на экологию. Отчасти данные принципы позволяют минимизировать затраты не только ресурсов, но и снизить экономические издержки производства: расходы на аренду земельного участка; затраты, связанные с окружающей средой путем уничтожения естественной среды обитания и нарушения естественных механизмов; затраты на строительство в лесной, промышленной зоной требующие больших энерго-затрат для подготовки почвы строительства.

Применение данных принципов позволит иметь непрерывный доступный водный ресурс, мощность ветра приведет к очень низким выбросам углерода, сохраняется экология, минимизируются затраты природных ресурсов и экономических вкладов.

Заключение

В результате данного исследования выявлены подходы формирования архитектурного объекта на водном каркасе с применением принципов ресурсосбережения. Данные принципы позволят сформировать каноны строительства и выделить архитектуру на воде в отдельную типологию «гидроархитектуры».

Таким образом, были сделаны выводы, что архитектура – живая структура, в которой протекает множество процессов, взаимодействие между принципами и проектными решениями создают идеальную структуру архитектуры будущего (рис. 4).

Рис. 4. Схема взаимодействия процессов

Выявленная на основе проекта 7×7×7 схема взаимодействия циркуляции воды в системе здания демонстрирует идеальную структуру взаимодействия всех процессов в архитектуре, основную часть которой составляет водный ресурс. Выполнение основных задач влечет за собой побочные действия, которые улучшают функционирование системы в целом.

В уплотненной застройке современного города к проблеме недостаточного количества территории строительства, связанной с расширением города, добавилась проблема ресурсосбережения. Пути решения возникших проблем могут быть как традиционными, так и с использованием современных тенденций и технологий.

В настоящее время к важному направлению в развитии архитектуры города относится выработка современных способов формирования архитектуры с устойчивым развитием.

Таким образом, сформированные принципы ресурсосбережения для архитектурных объектов на водном каркасе позволит создать инновационную архитектуру, отвечающую принципам устойчивого развития.

Список библиографических ссылок

1. Современные подходы к формированию природного комплекса городов // ALAIRNN.RU : интернет-изд. 2017. URL: http://alairnn.ru/kg/7/?nid=201&a=entry.show (дата обращения: 01.10.17).
2. Мягков М. С., Губернский Б. Д., Конова Л. И., Лицкевич В. К. Город, архитектура, человек и климат. М. : Архитектура-С, 2016. 344 с.
3. Горохов В. А. Городское зеленое строительство. М. : Стройиздат, 2013. 416 с.
4. Теодоронский В. С., Сабо Е. Д., Фролова В. А. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры. М. : Академия, 2016. 352 с.
5. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. С. 17–35.
6. Ali Sayigh Auth Sustainability, Energy and Architecture. Case Studies in Realizing Green Buildings. UK. : Oxford OX5, 2014. 524 c.
7. Hawkes D., Wayne F. Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment. N-Y. : W.W. Norton, 2002. 175 c.
8. London Borough of Haringey, Open Space Strategy // HARINGEY.GOV.UK : интернет-изд. 2017. URL: http://haringey.gov.uk/open_space_strategy.pdf (дата обращения: 01.04.18).
9. Дэвис А., Шуберт Р. Альтернативные природные источники энергии в строительном проектировании. М. : Стройиздат, 1983. С. 27.
10. Лунц Л. Б. Городское зеленое строительство. М. : Стройиздат, 2014. 275 с.
11. Daniels K. The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas. Basel, 1997. 367 c.
12. Lane A., Norton M., Ryan S. Water Resources: A New Water architecture Hardcover. N-Y. : W.W. Norton, 2017. 245 c.
13. Очистка водоемов // VSEOWODE.RU : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: http://vseowode.ru/ochistka/ochistka-vodoemov.html (дата обращения: 17.10.17).
14. Очистка озер, рек и водоемов // ECOPATH.RU : интернет-изд. 2017. URL: http://www.ecopath.ru/10.html (дата обращения: 01.10.17).
15. Реки как часть городского развития // CIH.RU : интернет-изд. 2017. URL: http://cih.ru/k4/9.html (дата обращения: 21.10.17).

Karimova Luiza Irekovna
architect
E-mail: luiz-karimova@yandex.ru
OFFICE DE Architects
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Zur Uram st., 1a, of. 28
Denisenko Elena Vladimirovna
candidate of architecture
E-mail: e.v.denisenko@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Application of the principles of resource-saving in the construction of architectural structures on the water frame

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to show the possibility of global construction in the water area of the Russian Federation region, to reveal the principles of

resource-saving during construction on a water frame, in the period of global construction it is necessary to consider all possible types of construction on different planes, including on water.

Results. The main results of the research are to deduce the principles of resource conservation in the construction of architectural objects on the waterframe, namely: the reuse of water resources, the application of the concept of green infrastructure, the use of tidal energy and mills, the capture and reuse of rainwater, the use of waste water as an energy resource, solar a battery on water (double reflection) and the use of river flows (wind under water). The scientific article provides an analysis of modern ways of resource saving and alternative energy sources, their adaptation to the architecture on the water frame.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture is that these principles will allow us to formulate the canons for the construction of a new typology of architecture in the region of the Russian Federation.

Keywords: principles of resource saving, construction on water, water environment architecture, principles of sustainable development, water conservation, efficiency, water conservation, water resources management.

References

1. Modern approaches to the formation of a natural complex of cities // ALAIRNN.RU : internet-ed. 2017. URL: http://alairnn.ru/kg/7/?nid=201&a=entry.show (reference date: 01.10.17).
2. Myagkov M. S., Gubernsky B. D., Konova L. I., Lickevich V. K. City, architecture, man and climate. M. : Architecture-S, 2016. 344 p.
3. Gorokhov V. A. Urban green building. M. : Stroiizdat, 2013. 416 p.
4. Theodoronsky V. S., Sabo E. D., Frolova V. A. Construction and operation of objects of landscape architecture. M. : Academy, 2016. 352 p.
5. Tabunshchikov U. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. Energy-efficient buildings. M. : AVOK-PRESS, 2003. P. 17–35.
6. Ali Sayigh Auth Sustainability, Energy and Architecture. Case Studies in Realizing Green Buildings. UK. : Oxford OX5, 2014. 524 p.
7. Hawkes D., Wayne F. Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment. N-Y. : W.W. Norton, 2002. 175 p.
8. London Borough of Haringey, Open Space Strategy // HARINGEY.GOV.UK : интернет-изд. 2017. URL: http://haringey.gov.uk/open_space_strategy.pdf (reference date: 04.04.18).
9. Davis A., Schubert R. Alternative natural sources of energy in building design. M. : Stroiizdat, 1983. P. 27.
10. Lunts L. B. Urban green building. M. : Stroiizdat, 2014. 275 p.
11. Daniels K. The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas. Basel, 1997. 367 p.
12. Lane A., Norton M., Ryan S. Water Resources: A New Water Architecture Hardcover. N-Y. : W.W. Norton, 2017. 245 p.
13. Purification of reservoirs // VSEOWODE.RU : internet-ed. 2017. URL: http://vseowode.ru/ochistka/ochistka-vodoemov.html (reference date: 17.10.17).
14. Clearing lakes, rivers and ponds // ECOPATH.RU : internet-ed. 2017. URL: http://www.ecopath.ru/10.html (reference date: 01.10.17).
15. Rivers as part of urban development // CIH.RU : internet-ed. 2017. URL: http://cih.ru/k4/9.html (reference date: 21.10.17).

УДК 72.01
Савельев Вячеслав Геннадьевич
инженер-проектировщик
E-mail: slav-savele@yandex.ru
ООО «Проектстрой»
Адрес организации: 420049, Россия, г. Казань, ул. Качалова, д. 84
Хафизов Ринат Рашитович
старший преподаватель
E-mail: rrhafizov@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Устойчивость в архитектуре современных медицинских комплексов

Аннотация

Постановка задачи. Цель статьи – изучение физических критериев устойчивости медицинских центров, их влияние на здоровье человека на основе изученных зарубежных материалов и исследований, а также выявление нового этапа устойчивости медицинских комплексов как архитектуры здоровья.

Результат. Основные результаты статьи включат обобщение, анализ и выводы из книг, статей и опыта проектирования медицинских комплексов. Итогом работы стала таблица, где сформулированы основные тенденции проектирования современных устойчивых медицинских комплексов.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что раскрывается исследуемая область и предоставляется практический ресурс в создании комфортной и здоровой среды для тех, кто отвечает за проектирование и эксплуатацию подобных объектов. Критерии устойчивости помогают создать более здоровую окружающую среду, улучшают общественное восприятие медицинских учреждений и повышает эффективность подобных организаций.

Ключевые слова: медицинский комплекс, устойчивость медицинских комплексов, архитектура медицинских комплексов, архитектура здоровья.

Введение

Понятие устойчивости в архитектуре современных медицинских комплексов коррелирует с Концепцией устойчивого развития (англ. «sustainable development»), принятой ООН в качестве стратегического направления с 1980-х гг. В докладе Комиссии ООН по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» устойчивое развитие определено как путь, при котором «предусматривает удовлетворение потребностей нынешнего времени, при этом, не подвергая угрозе возможность последующих поколений удовлетворять свои нужды» [1].

Сегодня во многих объектах здравоохранения мало уделяется внимания самим пациентам в «межкабинетном» пространстве: «Проблемы здоровья для 21-го века в области здравоохранения – это проблемы, которые могут быть связаны со средой, созданной людьми» [2]. Но уже давно известно, что среда медицинского учреждения влияет на пациентов и персонал. «В конце 19 века Флоренс Найтингейл[1] предположила, что пациенты будут выздоравливать быстрее, если о них будут заботиться в условиях естественного света, вентиляции, чистоты и базовой санитарии» [3]. Это первое обращение внимания на проблему оздоровление человека через среду.

Многие медицинские организации сосредотачиваются на «зеленых» инициативах и способах стать более дружественными к окружающей среде. Но с течением времени они должны быть по-настоящему устойчивыми – инициативы должны быть финансово

[1]Флоренс Найтингейл (англ. Florence Nightingale; 1820-1910) – сестра милосердия и общественная деятельница Великобритании.

здоровыми и направленными не на лечение, а на сохранение здоровья. В то же время, больницы и системы медицинской помощи все чаще ищут пути повышения эффективности и снижения общих затрат, а также улучшения общего опыта пациентов. Инициативы в области устойчивого развития обеспечивают значительные экологические и финансовые выгоды для медицинских организаций – выгоды, которые помогут больницам и системам помощи процветать сейчас и в будущем. «Их усилия способствуют созданию более здоровой окружающей среды, улучшению общественного восприятия организации и могут помочь их местным сообществам» [4].

Те, кто привержен устойчивости, пожинают плоды, о чем свидетельствуют пример: «Мемориал системы здравоохранения Германна[2] сэкономил 47 миллионов долларов в течение пяти лет за счет внедрения энергоэффективности» [4]. Проектировщики могут оказывать долгосрочное положительное воздействие на общественное здравоохранение

Исследовательские работы с охватом большого объема факторов устойчивой среды привлекают сопутствующие данные из смежных дисциплин (психология, экономика, физика, и др.), многостадийных обсуждений и апробаций, соответствующих публикаций, что обозначает сдвиг в развитии устойчивой здоровой архитектуры. Основные исследования подобной тематики находятся в зарубежной литературе.

Уточнение термина

Термин «устойчивая архитектура» сегодня широко распространен, что приводит к некому нивелированию его значения. Отсутствие четких границ в определении может выдать за устойчивую архитектуру то, что в реальности к устойчивости имеет лишь опосредованное отношение. Такая постановка вопроса может ввести в заблуждение не только потребителей и пациентов медицинских комплексов, но и архитекторов, инвесторов и участников строительного процесса.

Наряду с термином «устойчивая архитектура» часто употребляют такие понятия, как «зеленая архитектура», «экоустойчивое строительство», «экологическая архитектура», «энергоэффективное зеленое строительство». Все эти понятия в разной степени имеют отношение к технологии строительства и эксплуатации зданий, целью которых являются снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов при одновременном сохранении окружающей среды. Многие из них не указывают на качественные признаки архитектуры медицинских центров как эстетического вида проектной деятельности.

Говоря о многообразии терминологии, можно отметить связь их содержания не только с развитием технологии, но и с изменением системы оценки архитектуры. Рассмотрим три этапа развития устойчивой архитектуры медицинских центров:

Первый этап – экономия энергии на всех уровнях: на уровне отопления, кондиционирования воздуха, вентиляции, водоснабжения. Результат – энергоэффективная архитектура, почти не требующая энергии из вне.

Второй этап – эволюция энергоэффективных зданий в отношении снижения отрицательного воздействия на природу и здоровье человека: использование экологически чистых материалов, безопасная технология возведения, эффективное использование ресурсов. Результат – зеленая архитектура, обеспечивающая себя энергией.

Третий этап – комплексные проекты, удовлетворяющие потребностям человека, создавая качественную архитектурную среду и сохраняя при этом окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла здания. Результат – устойчивая архитектура. «Устойчивый» проект – взаимосвязь функциональных, технических и эстетических свойств. Такая архитектура создает уникальную среду, способствующую оздоровлению и благополучию пациентов.

Подтверждая выше сказанное, Сара Бенсалем дает следующее определение: «Устойчивая архитектура здоровья» – архитектура, ставящая людей в центр процесса проектирования, повышающая качество жизни, изменяющая образ жизни человека» [2].

[2]Мемориал «Система здоровья Германа» – крупнейшая некоммерческая система здравоохранения на юго-востоке Техаса.

Критерии устойчивости архитектуры медицинских комплексов

Понимание важности устойчивого развития в области архитектуры медицины постоянно растет. Специалисты выделают различные принципы устойчивой архитектуры, руководствуясь, прежде всего, собственным опытом. Поэтому совокупность принципов различна в каждом отдельном источнике (рис. 1).

Рис. 1. Параметры оценки энергоэффективности и устойчивости в больнице на протяжении всего жизненного цикла [5]

German Healthcare Partnership[3] в фокусе исследования разработки критериев формирует рейтинговую шкалу, которая позволяет сертифицировать больницы, согласно сертификатам DGNB[4] или LEED[5] [5]. Частью исследования становится матрица, которая исследует восемь фиксированных параметров оценки: ресурсосбережение; экологичность; экономичность; социокультурный фактор; технологичность; планировочная структура; строительство и возведение объекта; долговечность и возобновляемость. Каждый параметр отражает в той или иной степени его влияние на общую оценку устойчивости объекта (рис. 2).

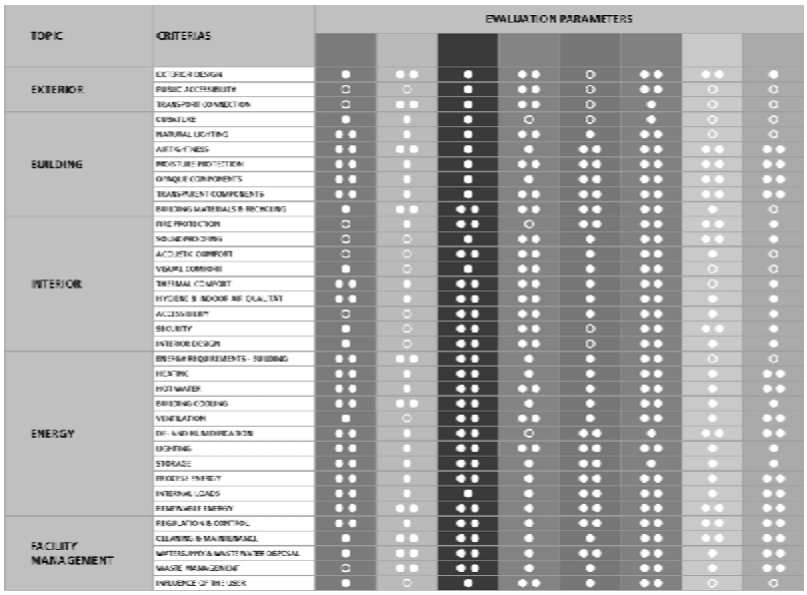


Рис. 2. Матрица «Восемь фиксированных параметров оценки» [5]

[3]GHP – Немецкое партнерство в области здравоохранения, основано в 2010 г.

[4]DNGB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – Руководство по устойчивому строительству Германии.

[5]LEED – The Leadership in Energy & Environmental Design – Руководство в энергетическом и экологическом проектировании США.

Если переходить к оценке влияния критериев устойчивости, то CABE в своем отчете «Future health: Sustainable places for health and well-being» использует реальные примеры и исследования, происходящие в повестке дня здравоохранения, благополучия и устойчивости, и рассказывает нам, почему и как планировщики могут оказывать долгосрочное положительное воздействие на общественное здравоохранение. На основе авторского перевода и анализа отчета составлена таблица критериев и их влияние на окружающую среду и среду в медицинских учреждениях (табл. 1).

Таблица 1

Критерии устойчивого дизайна медицинских комплексов из отчета CABE
(таблица авторов) [6]

Критерии	Кто влияет	Влияние на среду и решения проблемы здоровой среды
1. Градостроительный	Градостроители, представители здравоохранения, архитекторы, местные власти	Здоровый город постоянно создает и улучшает физическую и социальную среду и расширяет общинные ресурсы, которые позволяют людям взаимно поддерживать друг друга при выполнении всех функций жизни.
1.1. Политика и инициатива	Местные власти, органы здравоохранения	Здоровье должно решаться пространственным и локальным образом, устраняя неравенство в отношении здоровья и доступности медицинских услуг
1.2. Зеленые маршруты	Градостроители, местные власти	Интеграция зеленой инфраструктуры. Инвестирование в общественный транспорт, пешеходные и велосипедные сети.
1.3. Сети здоровья	Градостроители, местные власти, органы здравоохранения, архитекторы	Разработка сети медицинских учреждений. Расположение их наряду с другими общественными удобствами, такими как торговые центры и общественные площади, может принести здравоохранение в повседневную жизнь.
2. Окрестности	Представители здравоохранения, архитекторы, градостроители, местные власти,	Медицинские услуги, жилищные и общинные ресурсы должны быть интегрированы и обслуживаться устойчивым транспортом.
2.1. Компактные смешанные пространства	Представители здравоохранения, архитекторы, местные власти	Обеспечение качественных местных медицинских услуг в центре кварталов, укрепление чувства местной идентичности и гордости, улучшение качества жизни людей, живущих и работающих там, развитие общих энергетических ресурсов.
2.2. Транспорт и пешеходы	Представители здравоохранения, местные власти, градостроители	Меры по снижению трафика в жилых и застроенных районах. Пешеходные и велосипедные маршруты соединяются с жилыми комплексами, включая магазины, школы, общественные и развлекательные заведения, местом работы.
2.3. Зеленое пространство	Архитекторы, градостроители	Зеленые пространства могут быть площадями, зелеными крышами или небольшими парками. Терапевтические места для расслабления, социального взаимодействия и физических упражнений.
3. Медицинские здания	Архитекторы, местные, федеральные власти, представители здравоохранения	Медицинские объекты могут выступать в качестве центрального объекта для сообщества. Внешне и внутренне они должны быть «местами исцеления», где человек хорошо себя чувствует. Они должны быть инклюзивными и легкодоступными.
3.1. Терапевтическая среда	Архитекторы, представители здравоохранения	Используйте естественное освещение и вентиляцию, а также используйте виды на зелень через хорошо ориентированные комнаты, что уменьшает стресс и помогает исцелиться. Используйте материалы из устойчивых источников, которые являются надежными, прочными и создают неинституциональное чувство – это может поднять дух. Используйте интерьеры, которые расслабляют пациентов и посетителей.
3.2. Эффективность услуг и их интеграция в общественную жизнь.	Архитекторы, представители здравоохранения	Привлечение других услуг и мероприятий в здания здравоохранения создаст фокус сообщества и интегрирует службы, где здравоохранение, социальное обслуживание и досуг и общественные услуги находятся под одной крышей.
3.3. Адаптируемое пространство	Архитекторы, представители здравоохранения	Здания должны быть легко адаптированы к будущим изменениям в предоставлении услуг и технологиям сокращения выбросов углерода. Дизайн должен поддерживать многофункциональное использование.

В своем исследовании Салонен Х. рассматривает отдельные критерии и их влияние на пациента и персонал. Материал представляет собой практический ресурс для всех, кто отвечает за проектирование и эксплуатацию объектов здравоохранения. «Поэтому дизайн может быть катализатором для изменений. Он может создавать места, которые являются экологически устойчивыми и в то же время хорошими для здоровья и благополучия людей. Главное – здоровье, благополучие и устойчивость должны рассматриваться вместе» [6].

Обобщая информацию, выделим основные требования, определяющие характер решений в области устойчивой архитектуры медицинских центров. Каждый критерий рассматривает отдельный параметр, позволяющий собрать всю картину «устойчивости больниц» целиком (рис. 3).

Рис. 3. Принципы устойчивости медицинских комплексов (авторская схема)

Подобные критерии иллюстрируют не только эффективность ресурсов для сложных технически зданий, таких как медицинские комплексы, но и учитывает функциональное наполнение, эстетические составляющие, ландшафт территории, – позволяющие оздоравливать и сохранять здоровье пациентов и посетителей.

Применение критериев устойчивости

Опыт создания устойчивых объектов здравоохранения позволяет обратить внимание на плюс и минусы того или иного приема в реальном времени. Для этого различные проектные и исследовательские бюро проводят анализ за счет определенных критериев устойчивости и дают оценку объектам согласно местным регламентирующим сертификатам. Это дает определенные данные для улучшения будущих проектов.

Согласно Center for Health Design[6], «в мероприятиях по строительству, расширению или ремоделированию подобных объектов используются данные основанные на доказательствах (evidence-based design – EBD[7])» [4]. Этот процесс внедряется архитекторами, дизайнерами интерьеров, менеджерами объектов. Правильно внедренный EBD может уменьшить больничные инфекции и медицинские ошибки, результаты (уменьшить боль, улучшить сон, уменьшить стресс и депрессию), уменьшить пространственную дезориентацию, улучшить конфиденциальность пациентов и качество медицинского обслуживания, удовлетворенность работой персонала, влияющие на производительность работы, производительность.

Необходимо отметить, при проектировании объектов прослеживается связь между примененным решением и влиянием на здоровье человека. Это связь может отражаться напрямую либо же косвенно: здоровье, благополучие и устойчивость рассматриваются вместе. Подобное исследование влияния критериев устойчивости на человека и персонал проводила организация CABE (табл. 2).

[6]Center for Health Design – научно-исследовательская организация в Конкорде, Калифорния.

[7]EBD – «Доказательное проектирование», основанное на исследованиях, практике и принятых решениях.

Таблица 2

Влияние проектных факторов на результаты лечения по отчету CABE [6]

	Односпальная кровать	Естественный свет	Освещение	Виды природы	Зоны семьи в палатах	Качество материалов	Уменьшение шума	Технологии	Новые пространства
Уменьшение кол-во инфекции, приобретенных в больнице	xx							xx	
Уменьшение медицинских ошибок	x		x				x	x	x
Уменьшение падений пациентов	x		x						x
Уменьшение боли		x	x	xx			x		
Улучшенный сон для пациентов	xx	x	x				x	xx	
Снижение стресса у пациента	x	x	x	xx	x		xx		
Уменьшенная депрессии		xx	xx	x	x				
Сокращение продолжительности пребывания		x	x	x					x
Улучшение конфиденциальности пациентов	xx				x		x		
Улучшение общения с пациентами и членами семьи	xx				x		x		
Улучшение социальной поддержки	x				x	x			
Повышение удовлетворенности пациентов	xx	x	x	x	x	x	x		
Снижение травматизма персонала								xx	x
Снижение стресса персонала	x		x				x	x	x
Повышение эффективности персонала	x		x				x	xx	x
Повышение удовлетворенности персонала	x	x	x	x			x		
x	Взаимосвязь между конкретным фактором и результатом лечения, прямо или косвенно.								
xx	Проектное вмешательство влияет на результат оздоровления.								

Позволяет дать оценку применимости критериев и рентабельности использования в будущих проектах табличные результаты во второй части исследования «GHP» [5], на основе критериев и индикаторной матрицы, выведенных ранее

Новый этап устойчивости медицинских комплексов

В соответствии с современными техническими возможностями и эстетическими воззрениями общества внедряются новые архитектурные решения в проектировании передовых медицинских учреждений. Они основываются на принципах устойчивой организации пространства, способствующего улучшению психологического состояния пациентов медицинских учреждений. Современное медицинское учреждение рассматривается как доступный, «нестрашный» в сознании людей полифункциональный комплекс, где медицинские услуги становятся рядовыми, направленными не на лечение, а на сохранение здоровья и совмещаются с другими услугами – культурными, торговыми, образовательными и другими. Подобный объект характеризуется энергетической и ресурсной эффективностью, где загрязнение окружающей среды сведено к минимуму, а обстановка способствует здоровью и благополучию пациентов.

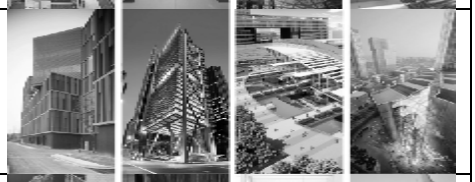
Представляем вниманию таблицу восьми тенденций устойчивости современных и будущих медицинских комплексов, отвечающих архитектурным решениям и предоставляющих практический ресурс для тех, кто отвечает за проектирование и строительство подобных объектов (табл. 3).

Кластерный подход – характеризуется концентрацией на локальной территории объектов здравоохранения, научно исследовательских центров, лабораторий, поставщиков услуг и непосредственно потребителей. В первую очередь направлен на

повышение конкурентоспособности региона и его устойчивости. Примеры: Медицинский центр Новена (Сингапур), Health City (Спрингфилд, Австралия).

Таблица 3

Тенденции современных устойчивых медицинских центров (таблица авторов)

Принцип	Масштаб	Аналоги решений[8]
Кластерный подход	Объектный, градостроительный	
Центр притяжения	Объектный, градостроительный	
Лечебные деревни	Объектный, градостроительный	
Естественный свет	Объектный	
Небольничный внешний вид	Объектный	
Комфортная и качественная среда	Объектный	
Отвлекающая атмосфера	Объектный	
Строительные материалы	Предметный	

Центр притяжения – современное медицинское учреждение рассматривается как доступный в сознании людей полифункциональный комплекс, где медицинские услуги становятся рядовыми и совмещаются с другими услугами – культурными, торговыми, образовательными и другими. Примеры: клиника Здоровья мозга Лу Руво Центр (Лас-Вегас, США), университетская клиника Хеунде Пек (Сеул, Южная Корея).

Лечебные деревни – представляет собой модули, в которых есть всё для лечения той или иной болезни. Подобный принцип сокращает пути передвижения всех посетителей и персонала, а также помогает самостоятельно ориентироваться в объекте.

[8]Авторская подборка иллюстраций на основе интернет-источников.

При таком устройстве здание компактно и удобно для лечения посетителей. Примеры: госпиталь Luinder Building (Массачусетс, США), Новый Госпиталь Стенфорда (Стенфорд, США).

Естественный свет – фасады и интерьеры используют системы естественного освещения, направленные на избавление от «мертвенного» искусственного света, и улучшение благополучия и здоровья посетителей. Увеличение количества естественного света улучшают визуальное восприятие пространства, «увеличивают» его объем, создают комфорт, привлекательность и чувство безопасности для посетителей. Примеры: больница CircleBath (Бат, Великобритания), Радиологический центр (Осло, Норвегия).

Небольничный внешний вид – фасады больниц не напоминают медицинское учреждение, а скорее центр общественного притяжения или жилую единицу. Кроме того, архитекторы всё чаще выбирают круглую форму зданий – она психологически комфортна и настраивает на положительный лад. Использование зимних садов помогает создать устойчивую среду. Примеры: Чампаламидский центр неизвестного (Лисбон, Португалия), Детская больница Королевы Сильвии (Гётеборг, Швеция).

Комфортная и качественная среда – для проектирования объектов здравоохранения берётся лучшее из архитектуры больниц и лучшее из жилищного домостроения. Подобные решения позволяют создать атмосферу комфортной и качественной среды. Примеры: больница Хёрлев (Копенгаген, Дания),

Отвлекающая атмосфера – виды на лесистые холмы, остекленные фасады, зимние сады, естественный свет в общественных пространствах, «зеленые» фасады. Подобное решение также является энергоэффективным с точки зрения потребления энергии. Примеры: новая Больница Stobhill (Глазгоу, Шотландия), медицинский центр Меандр (Амерсфорт, Нидерланды).

Строительные материалы – используются современные и новейшие материалы. Применяются экологичные, местные материалы с минимальным выбросом CO_2. Подобное решение улучшает как энергопотребление объекта, так и его эстетическую составляющую, а, впоследствии, – устойчивость среды. Примеры: госпиталь Белвью (Небраска, США), медицинский центр DubaiMall (ОАЭ).

Заключение

Таким образом, устойчивая архитектура здоровья вполне осязаемые объекты, решения которых должны быть направлены на повышения качества жизни, образа жизни человека. Устойчивый процесс проектирования фокусируется на людях, что может в наибольшей степени способствовать привлечению посетителей и пациентов. Принципы устойчивости позволяют осуществить новое видение на объекты здравоохранения.

Критерии устойчивости помогают создать более здоровую окружающую среду, улучшают общественное восприятие медицинских учреждений и повышает эффективность подобных организаций.

Подобные критерии описывают процесс создания успешной долгосрочной устойчивости современных медицинских центров и могут затрагивать многочисленные аспекты строительства больницы на всех этапах: от выбора площадки и проектирования до эксплуатации объекта.

Руководители системы здравоохранения и архитекторы могут обратить внимание на проектирование нового типа медицинских центров, чтобы помочь определить наиболее подходящий путь к устойчивости и оздоровлению.

Список библиографических ссылок

1. Доклад всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития : Наше общее будущее, 1987 г. // Генеральная Ассамблея ООН, A/42/427, N-Y. 412 с.
2. Bensalem C., Prof. Werner Lang. Sustainable Healthcare Architecture: Designing a Healing Environment. Austin : The University of Texas at Austin. 2011. 17 p.
3. Salonen X. Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities // Intelligent Building International. 2013. February. 51 p.

4. The American Society for Healthcare Engineering. Health Research & Educational Trust Environmental Sustainability in Hospitals: The Value of Efficiency // The American Society for Healthcare Engineering. 2014. May. P. 10- 34.
5. Nickl & Partner Architekten AG. Green Hospital Study. Berlin: German Healthcare Partnership, 2017. 138 p.
6. CABE. Future health: Sustainable places for health and well-being. L. : Commission for Architecture and the Built Environment, 2009. 51 p.
7. Alker D. Health, Wellbeing and Productivity in Offices // The next chapter for green building. 2014. September. P. 20- 46.
8. Lee A., Webb K., Jaeger A. Innovation in the Healthcare Industry // World health design. 2015. January. P. 80- 97.
9. Naylor K. Transforming our health care system // The Kings Fund. 2015. June. P. 1- 18.
10. Holst M. Optimal Hospital Layout Design. Aalborg : Aalborg Universitet. 2015. 288 p.

Savelyev Vyacheslav Gennadievich
design-engineer
E-mail: slav-savele@yandex.ru
LTD «Projectstroy»
The organization address: 420049, Russia, Kazan, Kachalova st., 84
Hafizov Rinat Rashitovich
senior lecturer
E-mail: rrhafizov@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Sustainability in the architecture of modern medical complexes

Abstract

Problem statement. The purpose of the article is to study physical criteria for the sustainability of medical centers, their impact on human health on the basis of studied foreign materials and research, and to identify a new level of resistance of medical complexes as a health architecture.

Result. The main results of the article include generalization, analysis and conclusions from books, articles and experience in designing medical complexes. The result of the work was the table, which formulated the main trends in the design of modern sustainable medical complexes.

Conclusions. The significance of the results for the architecture consists of what reveals the area under investigation and provides a practical resource in creating a comfortable and healthy environment for those responsible for the design and operation of such facilities. The criteria for ensuring a more healthy level of the environment, improves the public perception of medical institutions and increases the effectiveness of organizations.

Keywords: medical complexes, stability of medical complexes, architecture of medical complexes, health architecture.

References

1. Report of the World Commission on the Environment and Development: Our Common Future, 1987 // The UN General Assembly, A/42/427, N-Y. 412 p.
2. Bensalem C., Prof. Werner Lang. Sustainable Healthcare Architecture: Designing a Healing Environment. Austin : The University of Texas at Austin. 2011. 17 p.
3. Salonen X. Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities // Intelligent Building International. 2013. February. 51 p.

4. The American Society for Healthcare Engineering. Health Research & Educational Trust Environmental Sustainability in Hospitals: The Value of Efficiency // The American Society for Healthcare Engineering. 2014. May. P. 10–34.
5. Nickl & Partner Architekten AG. Green Hospital Study. Berlin: German Healthcare Partnership, 2017. 138 p.
6. CABE. Future health: Sustainable places for health and well-being. L. : Commission for Architecture and the Built Environment, 2009. 51 p.
7. Alker D. Health, Wellbeing and Productivity in Offices // The next chapter for green building. 2014. September. P. 20–46.
8. Lee A., Webb K., Jaeger A. Innovation in the Healthcare Industry // World health design. 2015. January. P. 80–97.
9. Naylor K. Transforming our health care system // The Kings Fund. 2015. June. P. 1–18.
10. Holst M. Optimal Hospital Layout Design. Aalborg : Aalborg Universitet. 2015. 288 p.

УДК 721
Тукмакова Миляуша Ильгисовна
аспирант
E-mail: miliushka@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Архитектура закрытых креативных пространств: типология и функциональная структура

Аннотация.

Постановка задачи. В статье впервые рассмотрено формирование и разновидности нового вида общественных закрытых пространств – «креативных пространств». Проведен анализ по функциональной структуре значимых, успешно работающих креативных пространств российских столиц: Москвы, Санкт-Петербурга, Казани. Перед автором стояла задача выявить не только типологию закрытых креативных пространств, но и разобрать их функциональную структуру, а также структурную связь и взаимодействие креативных пространств с городской средой.

Результаты. В результате исследования была проведена типология существующих креативных пространств по расположению в городской среде (интегрированные, встроенные, отдельностоящие, комплексные) и по преобладающему функциональному назначению (деловое, образовательное и клубно-развлекательное). Автором выявлена функциональная структура креативных пространств с выделением ядра (основные функции, определяющие основное назначение креативного пространства) и дополнительных функций.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении типологии креативных пространств и рассмотрении их функциональной структуры. Данный материал может быть использован для теоретического определения и понимания креативных пространств, для проектирования на практике подобных объектов, а также для разработок новой типологии в учебном процессе.

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

Введение

Новый вид общественных пространств – креативные пространства[1] стали формироваться в России относительно недавно, но за короткий временной отрезок приобрели популярность среди горожан и основательно внедрились в городскую жизнь. Предпосылкой возникновения креативных пространств послужил долгий процесс перехода экономики развитых стран с индустриального типа к постиндустриальному. Сначала возникновения креативные пространства начали интегрироваться в существующую структуру городской среды, как правило, занимая высвобождавшиеся промышленные площади. Параллельно с этим шел процесс развития третьих мест[2] и

[1]Креативное пространство – общедоступная территория, предназначенная для свободного самовыражения, творческой деятельности и взаимодействия людей. Отличительной особенностью креативного пространства является нацеленность на деятельность человека в роли не потребителя или работника организации, а создателя уникального продукта своей личности. Креативные пространства рассматриваются как один из видов третьих мест.
Целью создания креативных пространств в городской среде является обеспечение творческой молодежи (креативному классу) среды, богатой возможностями для обучения, самообучения, обмена навыками, экспериментирования и реализации собственного видения города, мира.

[2]Третье место (англ. thethirdplace) – часть городского пространства, которая не связана с домом («первое место») или с работой («второе место»). Концепция «третьего места» впервые была изложена в книге американского социолога Рэя Ольденбурга «Третье Место».

публичных пространств[3], стремящиеся занять площади в застройке исторического центра. Постепенно креативные пространства приобрели характерные признаки, позволяющие отличить их от классических общественных пространств. На сегодняшний день рост креативных пространств неуклонно растет – только в Казани на 2018 год существует более 15 креативных пространств разного вида, что показывает актуальность исследования как самого феномена креативного пространства, так и разбор в типологии креативных пространств и практики их формирования [1].

Почему же на сегодняшний день креативные пространства так популярны? Во-первых, креативные пространства привлекают к себе внимание своим форматом, расположением в городской среде и концентрацией «живого общения» на его территории, что интересно современной молодежи и креативному классу города. Во-вторых, сегодня меняется отношение к образованию – ценность получения качественного образования для креативной молодежи приобретает практикоориентированность. Важную роль играет и специфика образовательной среды: насколько она креативная и творческая. В-третьих, развитие прогрессивной экономики диктует обращение регионов к увеличению креативной прослойки, которую можно сформировать с помощью развития креативных пространств [2].

Формирование креативных пространств также является приоритетом правительства Республики Татарстан – в «Стратегия-2030»[4] именно через развитие креативного кластера запланировано осуществления положительной динамики в формирование человеческого капитала, экономического развития и улучшения качества городской среды. Это положение, вместе с появлением все новых форм креативных пространств, ставит вопрос об исследовании креативных пространств в градостроительном контексте – где и как они чаще всего образуются, как взаимодействуют с существующей застройкой и функциями среды.

В данной статье впервые рассматриваются вопросы типологии и функциональной структуры креативных пространств закрытого вида (коворкинги, образовательные хабы, анти-кафе и др.). В исследовательский материал автора вошли существующие креативные пространства столичных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Казань)

Расположение креативных пространств в городской среде

Проведенный анализ позволил выделить четыре вида расположения креативных пространств в городской среде: интегрированные, встроенные, отдельностоящие, комплексные или ансамблевые (рис. 1).

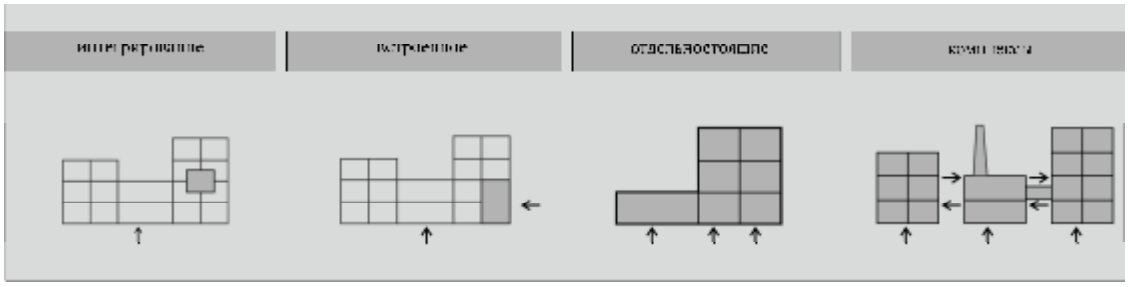


Рис. 1. Расположение креативных пространств в городской среде

[3]Публичное пространство – это место общего пользования, которое может сплотить, создать атмосферу взаимодействия, общения и творчества, это место, где люди встречаются, знакомятся, обмениваются своими идеями, узнают что-то новое [3].

[4]Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года разработана по поручению Президента Республики Татарстан в 2013-2015 гг. В соответствии с текстом Стратегии «Казань-2030 – динамичный город устойчивого экономического роста и широких возможностей, лидер полюса роста «Волга-Кама». Казань – территория здоровья, удобный для жизни город активных и ответственных горожан, открытой власти и безопасной городской среды. Город, куда хочется приехать и где интересно жить каждый день».

Интегрированные креативные пространства

Данный тип креативных пространств занимают определенные площади внутри уже существующей общественной структуры, в зависимости от предназначения и функционального наполнения, не имеет разделение или отдельного входа. Интегрированные креативные пространства, как правило, функционально связано с учреждением, в котором образуется. Например, при университетах и университетских кампусах, в крупных культурных центрах и т.п. Ярким примером интегрированного креативного пространства является образовательное пространство «BFFT-space», находящийся по ул. Зеленой, д. 1, г. Казань. «BFFT-space» сформировался в структуре казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ), занимая первый этаж одного из зданий. Креативное пространство BFFT имеет отдельный вход, но в тоже время имеет коммуникацию с другими корпусами университетского комплекса. Таким же образом в университетском городке казанского федерального университета (КФУ) организовано арт-пространство «ComeIn». Если в первом случае креативное пространство выполняет образовательную функцию, то во втором пространство создано для учебы, работы, творчества и необычного отдыха.

Встроенные креативные пространства

В отличие от интегрированных пространств, встроенные креативные пространства имеют автономию от функционального назначения здания, в котором они расположены, имеют отдельный вход с улицы или с общей коммуникации (холлы, лестничные клетки). Пространство может занимать от нескольких помещений до целых этажей в зависимости от вида и наполнения. Подобные пространства появляются в сдаваемых под аренду зданиях. Данный тип можно рассмотреть на примере анти-кафе «Циферблат-1» на ул. Университетской, «Циферблат-2» по ул. Щапова, «Балкон» по ул. Пушкина г. Казани. Они расположились в офисных зданиях, каждый занимает часть этажа и имеет отдельный вход, полностью отделенный от общего функционального назначения объекта.

Отдельностоящие здания

Креативные пространства, занимающие отдельностоящие здания, на сегодняшний день является наиболее редким видом расположения креативных пространств в городской среде. Как правило, отдельные здания занимают специализированные креативные пространства для конкретной деятельности, например, креативное пространство «Навигатор» в г. Казань. Он является одним из первых экспериментальных проектов создания креативных пространств с направлением в IT-сфере и роботостроении. Также тенденция отдельностоящих зданий креативных пространств наблюдается в современном проектировании (дипломные проекты по специальности «Архитектура» в КГАСУ).

Квартальное расположение креативных пространств

Квартальные креативные пространства формируются на базе комплекса зданий, и представляет собой расширенный формат общественных пространств, имеющий полное наполнение по функциям и целый спектр всех разновидностей креативных пространств. Квартальные креативные пространства создаются путем симбиоза закрытых и открытых пространств, зачастую формирующие целый ансамбль. Чаще всего квартальными креативными пространствами являются бывшие промышленные территории, которые остановили свое производство в связи с переходом экономики развитых стран к постиндустриальному типу или жилые кварталы исторического центра, потерявшие свою функцию. Формирование креативных пространств на базе подобных исторических территорий позволяют ревитализировать деградирующую среду, и ревалоризировать объекты архитектурного наследия. Как правило, квартальные креативные пространства представлены в крупных городах России, например, в Москве квартальным креативным пространством является дизайн-завод Флакон – он возник на территории бывшего хрустально-стекольного завода. Другой пример – Центр современного искусства «Винзавод», расположившийся на территории старейшего московского комбината виноградных и десертных вин, бывшего пивоваренного завода «Московская Бавария». В Петербурге таким примером стал недавно организованный креативный кластер «Остров

Новая Голландия», в Казани креативное пространство квартального типа формируется на комплексе зданий льнопрядильной фабрики И.И. Алафузова.

Типология креативных пространств по преобладающей функции

Независимо от занимаемых площадей и расположения в городской среде, в креативных пространствах выделяется определенная функциональная структура, которая формируется на базе основных функций – деловой, образовательной, клубно-развлекательной и дополняется функциями общественного питания, выставок и других. Креативные пространства могут быть монофункциональными по одной из основных функций, но чаще всего в креативных пространствах закладывается две и более функций – полифункцианальные креативные пространства.

Все креативные пространства в зависимости от преобладания той или иной функции можно разложить на следующие типы: деловую функцию представляют такие креативные пространства, как коворкинги, образовательную функцию – лектории, учебные аудитории нового типа и образовательные хабы, «клубно-развлекательную» функцию – антикафе. Рассмотрим данную типологию по основным видам функций на примерах популярных существующих объектов, начиная с креативных пространств делового назначения.

Коворкинги

В 2013 году в г. Казани появляется первый коворкинг[5] «Clever» – новый тип креативных пространств с деловой функцией, которые с каждым годом набирают популярность и все в большем количестве появляются в городской среде [4].

Основной принцип проектирования коворкингов – это разделение пространства на «тихую зону» для работы резидентов и «мягкую зону», где можно вести переговоры. Большую площадь занимает рабочая зона, организованная по принципу «openspace»[6]. Условия аренды администрация коворкинга назначает самостоятельно – чаще всего, за резидентом закрепляется рабочее место с определенным набором услуг в зависимости от комплектации самого коворкинга [5].

Анализ существующих коворкингов позволил выявить основные виды комплектаций: коворкинг минимального формата, коворкинг среднего формата, коворкинг максимального формата. Все они отличаются набором дополнительных помещений, что расширяет функциональный блок и увеличивает масштабы занимаемых площадей. В каждом из форматов в структуре присутствует определенный набор помещений – некое ядро, обязательное для функционирования коворкинга. В него входит:

- зона администратора (находится в общей зоне);
- общая рабочая зона по принципу открытого пространства;
- зона приема пищи (стандартный набор зоны: холодильник, микроволновка, телевизор);
- мягкая зона для бесед, которая может совмещаться с зоной приема пищи;
- блок санитарного узла, в который иногда включается и душевая;
- в некоторых коворкингах организуется зона хранения вещей в виде ящиков (шкафчиков).

Минимальному формату коворкинга достаточно наличие основных функциональных блоков ядра.

В коворкинге среднего формата к основному ядру добавляется помещение переговорной, организованной для коллективных переговоров, если среди резидентов встречается небольшая компания или данное помещение используется для встречи с клиентами.

---

[5]Первый коворкинг – офис придумал и воплотил в 2005 году американский программист и Брэд Ньюберг. Идея в том, чтобы организовать для работы именно особое третье место. С одной стороны это обычный офис с его рутиной и определенностью, а с другой стороны не обычное место для работы фрилансера с его атмосферой.

[6]Open-space офис – это организация рабочих мест сотрудников на одной открытой площади, не имеющей стен. Визуальными разделителями рабочей зоны одного сотрудника выступают невысокие перегородки из стекла, дерева, пластика. Отсутствие стен способствует сплоченности коллектива, коммуникабельности работников и участию руководителя в большинстве рабочих моментов.

В коворкинге максимального формата в структуру помимо переговорной добавляются индивидуальные кабинки или ячейки, их количество может быть различным. Отдельные ячейки предназначены для аренды небольших творческих коллективов, состоящие из двух-трех человек. Это позволяет наладить работу внутри группы и свободно обсуждать рабочий процесс, не мешая остальным резидентам. Площадь таких помещений может быть абсолютно разной и нормируется в зависимости от количества резидентов и рабочих мест. Иногда в коворкингах расширенного формата прилагается зона для сна – чаще всего, в виде капсул. Примером коворкинга максимального формата в г. Казань является коворкинг GrowUp включает в себя расширенный набор помещений и пользуется популярностью среди горожан [6].

Образовательная функция в креативных пространствах представлена в виде лекторий, учебных аудиторий нового типа и образовательных хабов.

Лектории[7]

Проектируются по принципу универсальности и многообразном использовании внутреннего пространства, путем создания единого укрупненного внутреннего пространства с предпочтительно простым очертанием объема. Количество посадочных мест может меняться в зависимости от масштаба мероприятия, свободная планировка позволяет занимать помещение лектория в различных направлениях и менять месторасположение экрана и выступающего. Мобильность данного пространства позволяет использовать его практично и многофункционально, к примеру, пространство лектория легко переоборудуется под выставку. Лекторий и выставочное пространство могут разграничиваться занимаемыми площадями или временным режимом работы. Примером подобного лектория может послужить Центр современного искусства «Смена» г. Казань, открывшийся в 2013 году, который изначально в распоряжении имел лишь мансардный этаж с несколькими комнатами и один большой зал свободной планировки. Изначально зал переменно являлся лекторием и выставочным пространством, позже был разграничен с помощью визуальных приемов на зону книжного магазина, лекторий и выставочную зону (рис. 2).

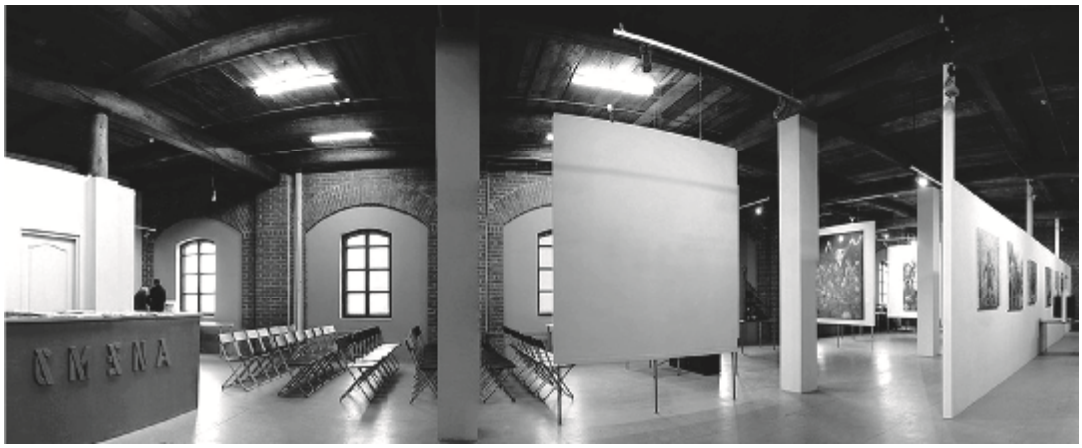


Рис. 2. Центр современной культуры «Смена» [7]

[7]Лектории – это пространство организации публичных лекций на различные темы. Современные лектории представляют собой пространство встречи и коммуникации профессионала, специализирующийся в свое теме, с слушателем с меньшими знаниями в данной области. Главная цель современных лекториев – заинтересовать слушателя и донести до него тему на доступном языке. «Хороший лекторий – когда у слушателя в конце происходит настоящий катарсис» – говорит Алексей Маслов, доктором исторических наук, профессором, руководителем Школы Востоковедения факультета МЭиМП НИУ ВШЭ.

Учебная аудитория нового типа[8]

Представляет собой традиционное учебное пространство (аудитория), переформатированную под тенденции развития креативных индустрий**.** Ярким примером подобного пространства является аудитория A1Studio (г. Казань, КГАСУ), относящаяся к типу интегрированных креативных пространств в структуру общественных зданий. Старый формат аудитории претерпел визуальные изменения и расширил свое функциональное назначение – ранее аудитория имела традиционное использование для проведения занятий и стандартное оформление помещения. Сегодня в пространстве аудитории заложены различные возможности для сменной экспозиции учебных материалов, проведения культурной программы, налаживающей коммуникаций между студентами, преподавателями, привлекающий людей извне и способствующий развитию креативного класса [8].

Также на платформе вузов и учебных учреждений развиваются еще один тип креативных пространств с образовательной функцией – образовательные хабы [9].

Образовательные хабы[9]

Это полифункциональные центры учебной направленности. Зонирование образовательного хаба схоже с основными зонами коворкинга и зависит от образовательной специфики. В структуре хаба могут быть лекционные залы, студии, аудитории творческой направленности и т.д. Образовательные хабы, как правило, представляют собой специализированные центры – в них помимо стандартных зон проектируются помещения определенной профессиональной направленности, которые являются доминантой комплекса и имеют специфические характеристики помещений. Яркий пример образовательного хаба можно увидеть в Москве – на базе промышленного предприятия «Красный Октябрь» образовался институт «Стрелка», основной идеей которого является изучение городской среды и развитие ее в будущем. Кроме обучения студентов, во дворе образовательного хаба каждое лето проводятся лекции для всех желающих горожан [10].

Клубно-развлекательная функция представлена таким типом креативных пространств как анти-кафе и его разновидностей (тайм кофейни, тематические анти-кафе).

Анти-кафе[10]

Основной идеей таких пространств является свободное времяпровождение для людей и сообществ, проведение мероприятий различной направленности. По структуре

---

[8]Учебная аудитория нового типа – это переосмысление традиционных учебных пространствпод современные тенденции развития креативных индустрий. С индивидуальным подходом к решению пространства и функциональному назначению, использования принципа многофункциональности и гибкости пространства. Термин предложен автором, который считает нужным из существующих креативных пространств выделить новый формат, являющийся переходным от классического пространства к неклассическому.

[9]«Хаб» (hub) имеет английское происхождение и означает «центр, узел». Образовательные хабы – это полифункциональные центры преимущественно учебной направленности, где каждый желающий может получить услуги разного рода за установленную плату или бесплатно. В хабах проводятся различные культурные мероприятия, встречи, читаются лекции из разных отраслей науки и жизни, приобщаются молодые специалисты к получению опыта и т.д. В центре могут быть расположены образовательные курсы всевозможной направленности (языковые, художественные, математические и другие.

[10]Антикафе – это общественное пространство («третье место»), посетители которого обязаны оплатить только время пребывания. В большинство заведений такого формата можно приносить свою еду и напитки, однако, как правило, алкоголь и курение запрещены. Обычно в антикафе есть бесплатный доступ в Интернет через Wi-Fi, анти-кафе имеют свою культурную программу. Автором концепции заведений с повременной оплатой является российский писатель Иван Митин. В 2010 году в Москве он открыл место для времяпровождения творческих людей под названием «Дом на дереве», которое работало в формате «pay-what-you-can», то есть каждый посетитель платил сколько хотел и/или мог. «Дом на дереве» оказался столь популярен, что через год было принято решение открыть заведение большей площади, при этом Митин придумал более чёткую схему оплаты, предложив брать с каждого гостя рубль за минуту его пребывания. Таким образом, осенью 2011 года появилось первое в мире заведение такого формата – свободное пространство «Циферблат» [1].

анти-кафе чаще всего представляют собой многокомнатную «квартиру», с определенным набором помещений:

- общая гостиная зона, с примыканием зоны чая или целой кухни (насколько позволяет площадь) и нескольких комнат с тематическим оформлением;
- «мягкие» тихие зоны – визуальный концепт представляет собой развлекательный формат - уютные локальные пространства с пуфиками, столами для игр и т.д;
- отдельная комната с экраном для просмотра кино или сценой для культурных мероприятий;
- условной зоной библиотеки в виде шкафчика с книгами, на базе которого поддерживается движение BookCrossing[11].

В группу анти-кафе входят тайм кофейни, которые отличаются коммерциализацией пространства и тематические анти-кафе, направленные на определенные интересы илисоциальные группы. Один из самых популярных тематических анти-кафе считается «кото-кафе», в котором проживают кошки, находящиеся в поисках дома.

Заключение

Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в выявлении типологии креативных пространств и рассмотрении их функциональной структуры. Данный материал может быть использован для теоретического определения и понимания креативных пространств, для проектирования на практике подобных объектов, а также для разработок новой типологии в учебном процессе.

Креативные пространства за последние годы стали неотъемлемой частью городской жизни, их рост стремительно увеличивается. Можно выделить различные типы креативных пространств закрытого вида по основной определяющей функции (деловая, образовательная, клубно-развлекательная), по планировочной структуре (функциональное ядро и дополнительные функции), по отношению включения в архитектурную среду (интегрированные, встроенные, отдельностоящие и комплексные).

Креативные пространства могут быть монофункциональными и полифункциональными, типология креативных пространств стремится к индивидуальности, адаптивна в зависимости от форм деятельности, от развитости функциональной структуры и от тематики.

Все креативные пространства являются площадкой не только свободного времяпровождения, но и формирования креативного класса, имиджа городской среды и инструментом по ревитализации и ревалоризация архитектурного наследия[2].

Список библиографических ссылок

1. Фахрутдинова И. А. «Третье место» как городское пространство творческого взаимодействия людей : сб. тез. 68 Международной научной конференции по проблемам архитектуры и строительства / КГАСУ. Казань, 2016. С. 146.
2. Набиева Л. Креативные пространства должны быть, чтобы создавать рабочие места для интеллектуальной молодежи // Kazan First : ежедн. интернет-изд. 2015. URL: https://kazanfirst.ru/articles/138176 (дата обращения: 10.04.2018).
3. Петрова В. А. Роль и функции публичного пространства в малом городе (опыт наблюдения на примере города Вязьмы) // Научное сообщество студентов : материалы XIII Международной студенческой научно-практической конференции / Чебоксары, 2017. С. 51–55.

[11]Буккро́ссинг (англ. BookCrossing) общественное движение, действующее по принципу социальных сетей. Человек, прочитав книгу, оставляет («освобождает») её в общественном месте (парк, кафе, поезд, библиотека, станция метро), для того, чтобы другой, случайный человек мог эту книгу найти и прочитать; тот в свою очередь должен повторить это же действие. Слежение за «путешествием» книги осуществляется через специальные странички в сети.

4. Преображенская А. Коворкинги, антикафе и другие третьи места // Эксперт Недвижимость : ежедн. интернет-изд. 2012. URL: http://expert.ru/exprealty/2012/04/kovorkingi-antikafe-i-drugie-treti-mesta (дата обращения: 24.04.2018).
5. Хусяинов Т. М. Коворкинг-центр в пространстве современного города // Урбанистика. 2015. № 4. С. 14–21.
6. Ravenscroft T. Emrys Architects uses timber inserts to convert east London ironworks into artists' studios // Dezeen magazine : daily. internet-edit. 2018. URL: https://www.dezeen.com/2018/02/04/emrys-architects-millwall-ironworks-artist-craft-studios-wooden-framework-london-uk/#disqus_thread (дата обращения: 10.04.2018).
7. Центр современной культуры Смена // интернет ресурс. URL: https://kazan.widoo.ru/venue/view/centr_sovremennoy_kultury_smena_50669 (дата обращения: 09.04.2018).
8. 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.
9. Кургалин С. Д., Шершень И. В. Формирование креативной образовательной среды в вузах // Вестник ВГУ. 2016. № 1. С. 73–78.
10. Сидоренко Е. Ю., Денисенко А. В. Образовательные хабы и коворкинги – новое веяние в архитектуре // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». URL: http://www.scienceforum.ru/2017/2403/27471 (дата обращения: 10.04.2018).

Tukmakova Milyausha Ilgisovna
post-graduate student
E-mail: miliushka@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenayast., 1

The architecture of closed creative spaces: typology and functional structure

Abstract

Problem statement. In the article the formation and variety of a new type of public closed spaces – «creative spaces» – is considered for the first time. The analysis was carried out on the functional structure of significant, successfully working creative spaces of Russian capitals: Moscow, St. Petersburg, Kazan. Before the author was the task to reveal not only the typology of closed creative spaces, but also to disassemble their functional structure, as well as the structural connection and interaction of creative spaces with urban environment.

Results. As a result of the research, the typology of existing creative spaces was arranged according to the location in the urban environment (integrated, built-in, stand-alone, complex) and by the prevailing functional purpose (business, educational and club-entertainment). The author identified the functional structure of creative spaces with the release of the core basic functions that determine the main purpose of the creative space) and additional functions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in revealing the typology of creative spaces and considering their functional structure. The given material can be used for theoretical definition and understanding of creative spaces, for designing in practice of similar objects, and also for development of new typology in educational process.

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

References

1. Fakhrutdinova I. A. «Third place» as a city space for creative interaction of people : col. of art. 68 International Scientific Conference on Architecture and Construction / KGASU. Kazan, 2016. P. 146.

2. Nabieva L. Creative spaces should be to create jobs for intellectual youth // Kazan First: every day. internet-edition. 2015. URL: https://kazanfirst.ru/articles/138176 (reference date: 04.10.2018).
3. Petrova V. A. Role and functions of public space in a small city (experience of observation on the example of the city of Vyazma) // Scientific community of students: materials of the XIII International Student Scientific and Practical Conference / Cheboksary, 2017. P. 51–55.
4. Preobrazhenskaya A. Coworking, anti-cafe and other third places // Expert Property: Daily. Internet-edition. 2012. URL: http://expert.ru/exprealty/2012/04/kovorkingi-antikafe-i-drugie-treti-mesta (reference date: 24.04.2018).
5. Khusyainov T. M. Coworking center in the space of a modern city // Urbanistics. 2015. № 4. P. 14–21.
6. Ravenscroft T. Emrys Architects uses timber inserts to convert east London ironworks into artists' studios // Dezeen magazine: daily. internet-edit. 2018. URL: https://www.dezeen.com/2018/02/04/emrys-architects-millwall-ironworks-artist-craft-studios-wooden-framework-london-uk/#disqus_thread (reference date: 10.04.2018).
7. Center for Contemporary Culture Change // Internet resource. URL: https://kazan.widoo.ru/venue/view/centr_sovremennoy_kultury_smena_50669 (reference date: 04.09.2018).
8. Novikov S. V., Denisenko E. V. Reorganization of educational architectural spaces : coll. of art. 70th International Scientific Conference on Architecture and Construction / KGASU. Kazan, 2018. P. 192.
9. Kurgalin S. D., Shershen I. V. Formation of the creative educational environment in universities // Vestnik VGU. 2016. № 1. P. 73–78.
10. Sidorenko E. Y., Denisenko A. V. Educational hubs and coworkings – a new trend in architecture. Proceedings of the VIII International Student Electronic Scientific Conference «Student Scientific Forum». URL: http: //www.scienceforum.com/2017/2403/27471 (reference date: 04.10.2018).

УДК 721
Шинкарёв Алексей Николаевич
аспирант
E-mail: shinkarev-90@mail.ru
Прокофьев Евгений Иванович
кандидат архитектуры, профессор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Принципы пространственной организации диагностического блока (ДБ)

Аннотация

Постановка задачи. Целью нашего исследования является разработка принципов проектирования архитектурно-планировочной и градостроительной организации для современных медицинских диагностических комплексов различного уровня организации в условиях активного технического и технологического обеспечения лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ).

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке гибкой архитектурно-планировочная структура объектов здравоохранения на базе мобильного медицинского диагностического блока. Полученные данные позволили создать планировочные схемы для медицинских диагностических блоков (МДБ) с использованием модуля-ячейки.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в том, что предложенные принципы организации МДБ в дальнейшем, при детальной проработке конструктивного и технологического решения, лягут в основу рекомендаций по проектированию медицинских центров различной функциональной направленности для различных условий окружающей среды.

Ключевые слова: структура системы здравоохранения, мобильные диагностические блоки, мобильные кардиологические центры, модульные медицинские центры, модульные кардиологические блоки, мобильная медицина, структура кардиологического блока, структура диагностического блока, компактные медицинские блоки.

Введение

Устаревшая структура объектов здравоохранения в России в условиях нехватки финансирования на реконструкцию существующих зданий больниц и поликлиник требует нового подхода при проектировании современных медицинских диагностических комплексов. Наблюдается нехватка диагностических медицинских центров в удаленных районах городов, а также в сельской местности. Перспективным направлением в таких условиях является разработка мобильных медицинских диагностических блоков (далее МДБ) с гибкой планировочной структурой.

Принципы пространственной организации диагностического блока

В статье «Принципы организации кардиологического диагностического блока» мы рассмотрели возможные области применения структуры под названием «кардиологический диагностический блок». Таким образом, мы пришли к выводу, что предлагаемая диагностическая структура должна иметь универсальные принципы модульной организации с различной функциональной насыщенностью в зависимости от своего предназначения. Необходимо учитывать не только структуру, в которую внедряется блок, но в первую очередь и саму целевую аудиторию, для которой проектируется объект.

В результате анализа полученных данных мы определили необходимое количество помещений для диагностического блока каждого типа. Кроме того, мы рассмотрели саму структуру каждого из кабинетов для диагностики заболеваний системы кровообращения; при этом были проанализированы требования СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую

деятельность». В качестве шкалы градации были определены три варианта организации кабинетов:

- I ступень. Стандартные кабинеты, соответствующие действующим требованиям нормативной документации в области проектирования пространства объектов здравоохранения;
- II ступень. С более компактной структурой для формирования мобильного диагностического блока;
- III ступень. Наиболее компактное планировочное решение для передвижных мобильных комплексов, обслуживающих труднодоступное регионы страны.

В результату рассмотрены и представлены: кабинет ЭКГ, кабинет ЭХО КГ (узи системы кровообращения), кабинет СМАД (суточного мониторинга артериального давления), кабинет установки ХМ (холтер мониторинг), кабинет нагрузочных проб, кабинет осциллографических исследований, консультационный кабинет, и кабинеты персонала и администрации диагностического блока [1].

Для материального оснащения кабинетов использовалась мебель стандартных размеров и наиболее часто встречающееся медицинское диагностическое оборудование. Для кардиологического кабинета и кабинета нагрузочных проб стационарный двенадцатиканальный электрокардиограф ECG-1012 Expert и мобильный кардиограф CardiMAX FCP-7101; для кабинета ЭХО КГ стационарный ультразвуковой сканер ProSound F37 и мобильный ультразвуковой сканер U50; для кабинета осциллографических исследований подобран стационарный артериальный портативный осциллограф ОГАФ-026. Кроме того, в кабинете нагрузочных проб использованы беговая дорожка Lode Valiant и велотренажер Kettler Polo M [2]. Ниже представлена таблица функциональных кабинетов и список необходимого оборудования для каждого из них.

Таблица

Техническое оснащение медицинских диагностических кабинетов

№	Наименование кабинета	Необходимое оборудование		
		I ступень	II ступень	III ступень
1	Кабинет ЭКГ	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка; двенадцатиканальный электрокардиограф ECG-1012	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; кардиограф CardiMAX FCP-7101	рабочий стол; стул (1 шт.); тумба; кардиограф CardiMAX FCP-7101
2	Кабинет ЭхоКГ	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка; ультразвуковой сканер ProSound F37	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; ультразвуковой сканер U50	рабочий стол; стул (1 шт.); тумба; ультразвуковой сканер U50
3	Установка ХМ	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка.	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф.	рабочий стол; стул (2 шт.); тумба.
4	СМАД	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка.	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф.	рабочий стол; стул (2 шт.); тумба.
5	Каб. нагрузоч. проб	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка; двенадцатиканальный электрокардиограф ECG-1012; беговая дорожка Lode Valiant.	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; кардиограф CardiMAX FCP-7101; велотренажер Kettler Polo M.	рабочий стол; стул (1 шт.); тумба; кардиограф CardiMAX FCP-7101; велотренажер Kettler Polo M.
6	Осцил. исслед.	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка; артериальный портативный осциллограф ОГАФ-026	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; артериальный портативный осциллограф ОГАФ-026	-
7	Консульт. кабинет	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф; койка.	рабочий стол; стул (2 шт.); шкаф.	рабочий стол; стул (2 шт.); тумба.

В ходе разработки площадей кабинетов пришли к выводу о возможности объединения функций кабинета ЭКГ и кабинета нагрузочных проб в связи с тем, что для диагностики заболеваний в этих кабинетах используется одно и то же медицинское оборудование. Кроме того, консультация пациентов, установка холтера и оборудования

для суточного мониторинга артериального давления можно осуществлять в одном и том же кабинете (рис. 1). Такое предложение логично использовать в условиях ограниченной возможной площади диагностического блока для того, чтобы сохранить полную диагностику состояния организма пациента.

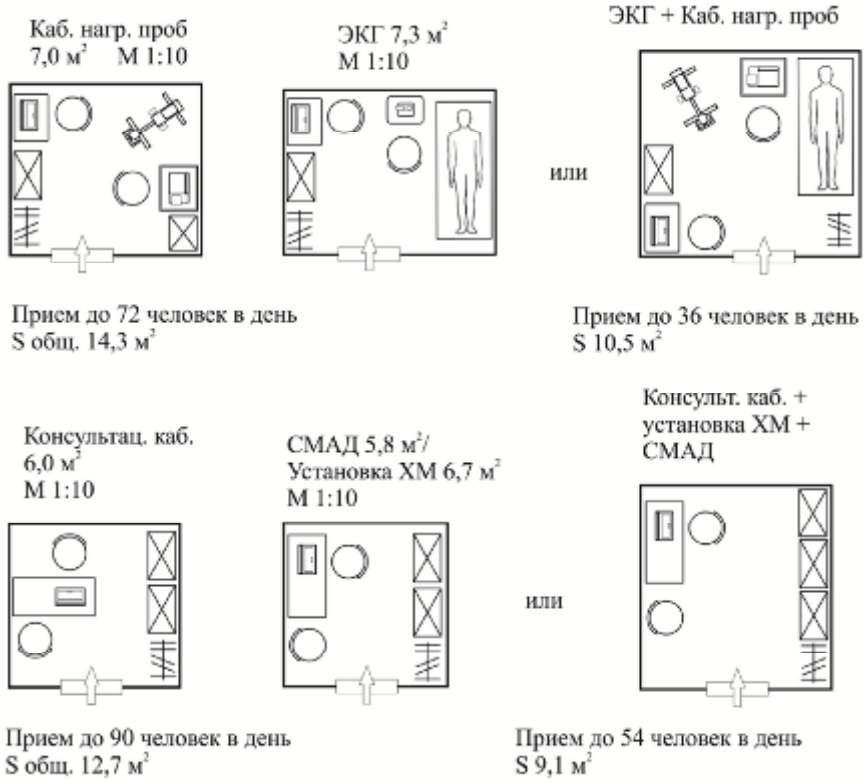


Рис. 1. Примеры многофункционального диагностического кабинета

Дальнейшая работа заключалась в прорисовке самой архитектурно-планировочной структуры диагностического блока различного уровня организации. Для этого мы определили следующие направления применения объекта:

- торговые комплексы;
- поликлиники/больницы;
- диагностические комплексы;
- мобильная медицина.

Каждая область применения в свою очередь рассматривалась в двух вариантах исполнения: с минимальным количеством помещений для полноценной диагностики заболеваний системы кровообращения; с увеличением количества кабинетов для повышения пропускной способности, когда речь идет о крупных торговых комплексах, и расширенным функциональным насыщением для наиболее полной диагностики состояния здоровья пациентов (для крупных диагностических комплексов) [3]. При разработке компактного планировочного решения мобильного диагностического блока было предложено сократить площадь коридоров путем объединения определенных кабинетов с зоной транзита. Ниже будут представлены примеры такой интеграции.

В ходе анализа структуры будущих ДБ необходимо было определить возможную нагрузку на диагностические блоки различного типа. Согласно данным таблицы 5 пункта 10.4 «СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» для поликлиник и их филиалов в городах рекомендуется принимать радиус обслуживания не более 1000 м. Для сельской местности этот же документ предлагает устанавливать поликлиники в 30 минутной доступности (с использованием транспорта). Но данный документ имеет рекомендательный характер. Кроме того, если учесть различную демографическую ситуацию различных районов и микрорайонов города, мы поймем, что нагрузка на имеющиеся поликлиники и больницы весьма

различна в зависимости от их местоположения и может изменяться со временем в зависимости от градостроительной политики города. Следовательно, внедряемые кардиологические ДБ должны иметь наиболее универсальную и гибкую структуру [4]. Такое решение позволит оперативно реорганизовывать размеры и структуру блока в зависимости от спроса населения на медицинские услуги.

С одной стороны, предположить возможную пропускную способность торгового комплекса невозможно; с другой, статистика Министерства здравоохранения Республики Татарстан дает только общее представление о количестве случаев заболеваний системы кровообращения у населения на 1000 человек. Наш проект заключается не в разработке стационара с определенным количеством койко-мест, которые можно предложить исходя из средней заболеваемости населения. Уровень востребованности диагностики заболеваний и их профилактики напрямую зависит от уровня развития общества, а значит, диагностические комплексы будут активно развиваться и распространяться. В свою очередь, развитие медицины и повышение качества оказываемых услуг (в нашем случае эффективная своевременная диагностика заболеваний), как показывает мировая практика, приводит к повышению медицинского туризма. Такие ведущие диагностические комплексы мирового уровня как Международная клиника «Бамрунград» в Бангкоке, клиника Парквей в Сингапуре и клиника Майо в США привлекают ежегодно сотни тысяч иностранных туристов. Согласно информации ассоциации медицинского туризма объем этого рынка в 2016 году составил более 11 млн. человек [5]. При этом, согласно статистике это значение увеличится на 25 % к 2025 году.

Статистика по российскому медицинскому туризму за 2016 год говорит о том, что только 0,3 % людей, обратившихся в интернет-поисковики по запросам лечения заграницей выезжает на лечение за рубеж. При этом, за последние 3 года лечение россиян в клиниках Израиля и Германии сократилось в 2,5 раза: с целью экономии средств россияне в последние годы предпочитают проводить диагностику заболеваний за рубежом, а проходить лечение в России [6]. В отличие от европейского и американского медицинского туризма, где люди выезжают на лечение в другие страны, чтобы сэкономить, у россиян медицинский туризм обусловлен неудовлетворенностью качеством медицины внутри страны [7]. Таким образом, при развитии сети медицинских ДБ и разработка высокого качества медицинского обслуживания в них потенциал внутреннего медицинского туризма в России может доходить до 150 тысяч человек в год, если не рассматривать страны СНГ.

В своей работе мы решили предложить модульный кардиологический диагностический блок, который будет легко интегрирован в любые условия, будь то торговый комплекс города с численностью населения свыше 1 млн. чел. или же поликлиника, обслуживающая близлежащие поселки. Отличие будет только в количестве диагностических кабинетов. Универсальность структуры мы решили обеспечить через модуль сетки, заложенной в основу диагностического блока.

На рис. 2 представлено несколько примеров организации модульной сетки. Предложенный поисковый ряд имеет наиболее общий характер и характеризуется последовательным увеличением количества граней ячейки, из которой состоит проектируемый блок.

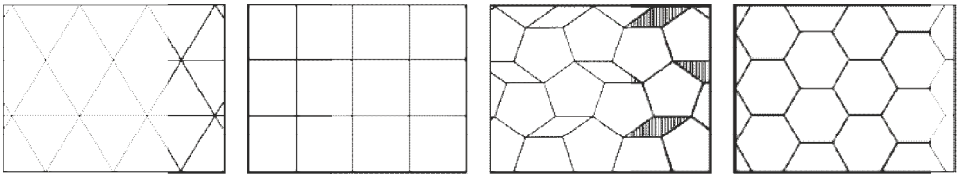


Рис. 2. Примеры модулей, формирующих общую пространственную структуру

Первым возможным решением для организации является структура, образованная треугольниками. Такой планировочный подход позволяет максимально компактно вписать функцию в объем существующего или проектируемого здания. Структура из треугольников дает возможность максимально сократить площадь коридоров и тамбуров.

Тем не менее, такая структура плохо подходит для проектирования кардиологического ДБ, так как создает множество неиспользуемых острых углов и затрудняет установку коек в диагностических кабинетах.

Следующий уровень – структура, организованная прямоугольниками (квадрат). Этот подход наиболее универсальный. На базе прямоугольной структуры проектируется большинство современных зданий и сооружений. Объемно-планировочные решения зального, галерейного, атриумного, коридорного и секционного типа основаны именно на различных вариантах пространственной организации прямоугольной ячейковой структуры. При анфиладе залов возможно максимальное сокращение транзитной зоны, а при коридорной системе – организация пространства компактным модулем. Существует множество вариантов сочетания различных прямоугольных планировочных схем. Планировочные схемы смешанного типа организованы путем изменения размеров модуля-ячейки. Такое решение позволяет объединять различные функциональные блоки в объеме одного здания.

В качестве еще одной фигуры, образующей пространство кардиологического центра, был рассмотрен шестигранник, который будет формировать структуру ДБ подобно сотам: компактно и максимально эффективно. При этом мы решаем вопрос с установкой койки в диагностических кабинетах. Достаточно задать размер грани в пределах 2,1-2,2 м. В отличие от прямоугольной ячейки шестигранник повышает контакт между пациентом и врачом и сокращает площадь коридорной сети (в том случае если мы интегрируем транзитную зону в структуру ячейки). Преимущество шестигранной фигура перед треугольником в том, что первая не имеет острых углов в помещениях.

Структуру, образованную пятигранниками в статье не рассматривали, так как ячейка такого типа не позволяет полностью плотно заполнить пространство диагностического блока (рис. 2). Рассматривать объемно-планировочные решения, образованные фигурами с большим количеством граней нецелесообразно, так речь идет о помещениях площадью до 15 м^2.

В нашей научной работе речь идет о кардиологическом ДБ. Такой блок организован вокруг единственной функции; его кабинеты имеют универсальные габариты для оперативной реорганизации в случае необходимости увеличения того или иного метода диагностики. Поэтому пространство блока целесообразно организовывать универсальным модулем. Для интеграции в существующие структуры зданий и помещений ячейки должны быть максимально компактными. На рис. 3 представлен пример возможной организации пространства ДБ ячейками-шестигранниками. Шестигранник в отличие от прямоугольника позволяет повысить непосредственный контакт пациента и врача: скошенные углы помещения смещают равновесие от углов к центру.

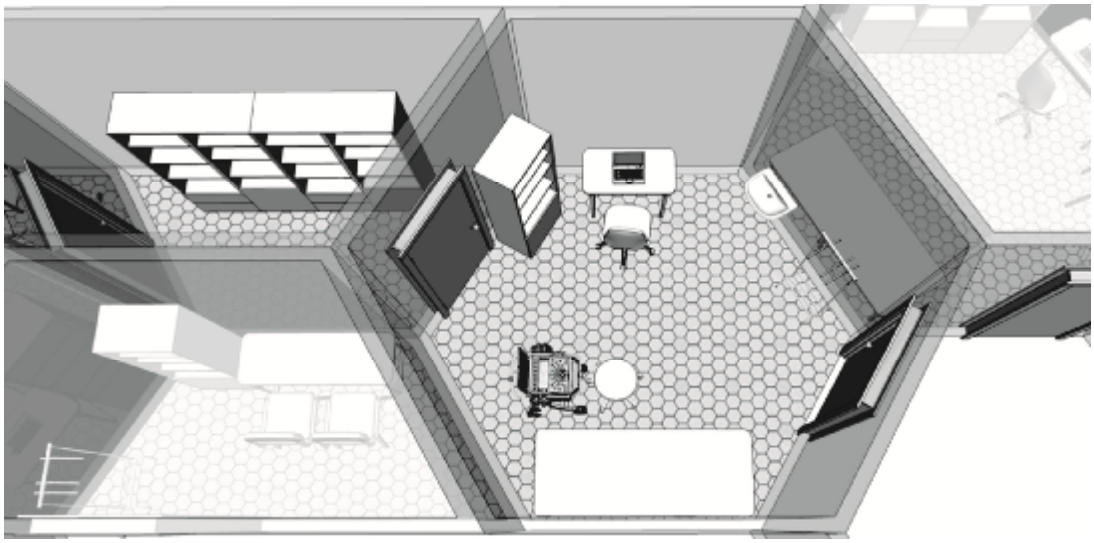


Рис. 3. Кабинет ЭХО КГ, с примыкающей к нему материальной. Длина стены шестигранника 2,1 м

Предложенная схема модульного пространства позволяет неограниченно расширять возможности диагностического блока. Это позволяет заложить основу для развития принципов организации гибкого пространства, которое можно будет реорганизовывать внутри самой ячейки а также на уровне всего комплекса, увеличивая или уменьшая его. Модуль шестигранника позволяет создать живой организм диагностического блока, который будет оперативно отвечать постоянно меняющимся потребностям населения. Для того, чтобы вписать модуль в прямоугольные границы оболочки диагностического комплекса или торгового центра предлагаем дополнять структуру усеченными модулями, в которых целесообразно будет размещать кабинеты второго эшелона: комнаты персонала, материальные, санузлы, помещения КУИ и др.

На рис. 4 представлена схема последовательной организации пространства ДБ из ячеек различной геометрической формы. Вначале определяет общая структура и тип ячейки, из которой будет образована среда: количество граней, площадь модуля; будет предложенная ячейка универсальным модулем для всех помещений или площади и габариты кабинетов будут варьироваться в определенном диапазоне.

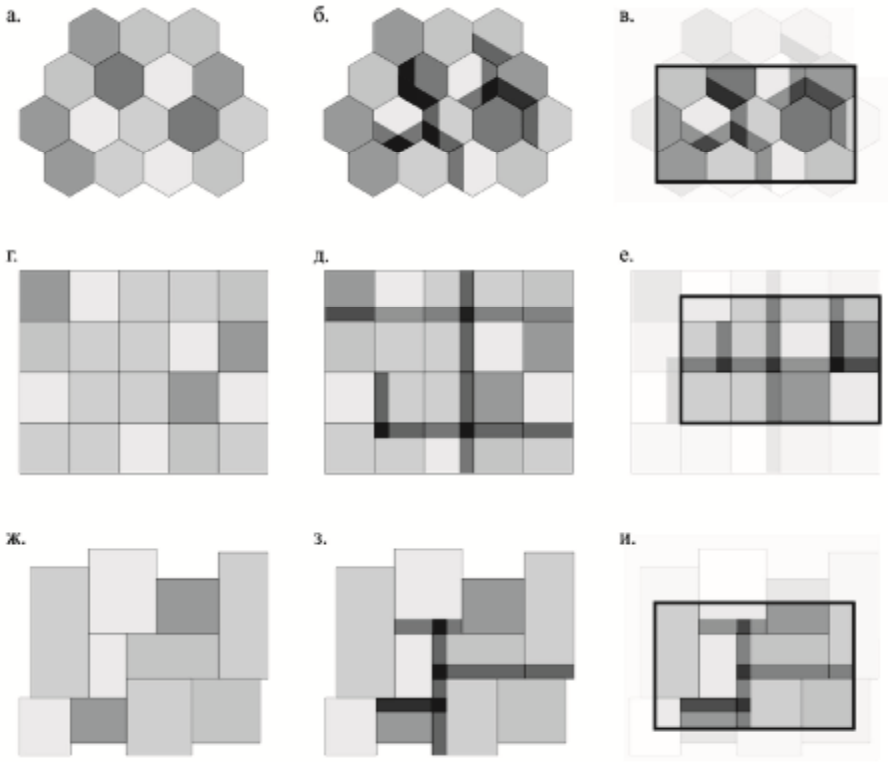


Рис. 4. Моделирование диагностического блока из различных ячеек. а, г, ж. Общая структура блока; б, д, з. Планирование возможных транзитных зон в пространстве блока; в, е, и. Интеграция разработанного блока в прямоугольную оболочку комплекса

Наиболее облегченным решением является проектирование с использованием ячеек различного размера, которые будут зависеть от площадей различных кабинетов диагностического комплекса. Тем не менее, такой подход не позволит заложить принцип модульности при проектировании ДБ, что в свою очередь усложнит процесс разработки проекта и повысит стоимость готового продукта. Поэтому предлагаем рассматривать другой подход из одинаковых кабинетов-ячеек. В этом случае может быть рассмотрен принцип организации пространства универсальным модулем, где площади всех помещений приводятся к усредненному показателю. Данный подход имеет свои плюсы и свои минусы. К плюсам мы можем отнести:

- отсутствие дополнительных издержек на проектирование уникальных ячеек;
- сокращенное время разработки проектного предложения ввиду того, что весь проект сводится к чередованию и группировке помещений различной функциональной нагрузки.

Однако у такого предложения будут и свои слабые места. Например, приведение площади различных кабинетов к среднему показателю. Напомним, что разработанные кабинеты для диагностики заболеваний в некоторых случаях различаются по площади до 2 раз. Например, консультационный кабинет мобильного блока в разработанном нами предложении имеет площадь 4,8 м^2, а кабинет ЭКГ требует не менее 7,3 м^2. для установки койки и мобильного электокардиографа. Для решений этой задачи предложено приводить габариты кабинетов к одному значению вдоль какой-либо оси. Таким образом, возможно формировать общий фронт кабинетов, придерживаясь разработанных необходимых площадей помещений.

На следующем этапе проектирования определяется способ организации коридорной сети. Будет она интегрирована непосредственно в сами модульные ячейки или ее разработают по принципу коридорной или галерейной схемы. Такой подход позволяет проектировать с учетом принципа доступности ДБ: появляется возможность закладывать кардиологические блоки не только в зданиях больниц и поликлиник с большим количеством свободных квадратных метров, но также в условиях дорогостоящей арендной площади и даже при проектировании мобильных диагностических центров в прицепе грузового транспорта (рис. 5). Габариты такого ДБ соответствуют размерам стандартного прицепа грузовика (13,60×2,45 м). Мобильные кардиологические блоки способны организовать полноценную диагностику заболеваний в удаленной местности; пропускная способность диагностического блока составляет до 12 человек в час [8].

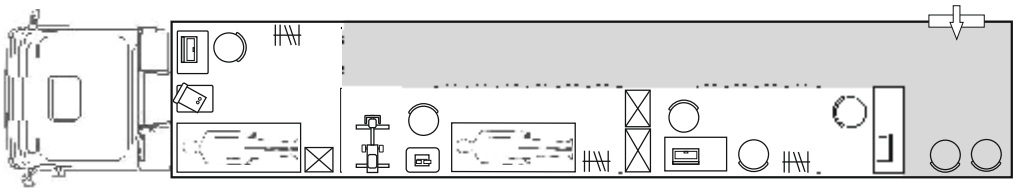


Рис. 5. Организация мобильного кардиологического ДБ в прицепе грузового транспорта

На завершающем этапе проектирования блока определяются его габариты и конфигурация, которые будут зависеть от количества заложенных в проект диагностических кабинетов, предоставленной под ДБ площади здания, предполагаемой нагрузки на кардиологический блок и других факторов.

В ходе проведенных исследований были определены 3 основных принципа пространственной организации кардиологического диагностического блока:

1. Принцип модульности;
2. Принцип универсальности;
3. Принцип доступности.

Принцип модульности заключается в том, что проектирование ДБ должно носить систематизированный характер с использованием модуля-ячейки. При этом структура блока может быть сформирована как ячейками одного размера и формы, так и ячейками одной формы и различной площади в заданных допустимых пределах.

Принцип универсальности подразумевает возможность трансформации пространства диагностического блока в зависимости от меняющихся потребностей населения. Такая реструктуризации может осуществляться как в рамках отдельно взятых ячеек, так и в масштабах ДБ в целом. Для наилучшего развития принципа универсальности рекомендуется использовать при проектировании кабинеты-ячейки одной формы и размеров. При этом, площадь такой ячейка должна быть определена усредненным значением площадей кабинетов, функция которых будет в перспективе заложена в ячейку [9].

Кроме того, этот принцип подразумевает возможность интеграции ДБ одного планировочного решения в различные условия окружающей среды: в здания поликлиник, торговых комплексов, административных зданий, многофункциональных лечебных и оздоровительных комплексов. Принцип универсальности позволит создать готовое решение для различных задач и руководствоваться им при проектировании объектов различного функционального насыщения.

Третий принцип заключается в разработке системы кардиологических ДБ, которая позволит проводить полноценную диагностику заболеваний у населения как в крупнейших городах, так и в малых городах и сельской местности. Разрабатываемый модуль должен иметь наиболее компактную объемно-планировочную структуру. Такое решение позволит создать плотную сеть ДБ в крупнейших, крупных и средних городах с высокой стоимостью арендной платы за квадратный метр, а также установить необходимое количество кардиологических центров в малых городах и сельской местности с низким уровнем финансирования и дефицитом специализированного персонала. В особых случаях предусматривается функционирование мобильного ДБ, который организован компактными трансформирующимися ячейками с гибкими перегородками.

Необходимо рассмотреть структуру «город-пригород» для определения возможной плотности размещения диагностических блоков с учетом количества обслуживаемого ими населения и условий транспортной доступности. Кроме того, необходимо разработать несколько вариантов функциональной организации полученной сети ДБ. В одних случаях мы будем предлагать сеть ДБ с функциональным зонированием, что предполагает размещение в ней блоков консультативной и аппаратной диагностики а также центров по обработке полученных анализов (технические центры). При этом блоки консультативной и аппаратной диагностики будут размещаться в зонах повышенной транзитной активности населения и в жилых кварталах. Размещение технических центров возможно на базе крупных медицинских лечебных и диагностических комплексов а также в структуре научно-исследовательских центров, что обеспечит их необходимой материально-технической базой и профессиональными кадрами.

В других, напротив, будем рекомендовать организацию сети ДБ универсального типа со смешанным типом диагностики заболеваний. В этом случае кардиологические диагностические блоки могут отличаться по своей пропускной способности в зависимости от того, на какое количество населения они будут рассчитаны. В таком случае в планировочной структуре ДБ будут использованы универсальные ячейки по диагностике заболеваний [10].

Заключение

Предложенная к реализации структура МДБ проектируется с учетом принципов универсальности, гибкости и модульности. Такой подход позволит интегрировать новую диагностическую структуру в отдельные здания и комплексы различного профиля городской и сельской местности с различной демографической ситуацией, что в свою очередь создаст современную эффективную систему первичной медико-санитарной помощи в масштабах страны, повысит пропускную способность и привлекательность амбулаторно-поликлинических учреждений и снизит смертность населения по ключевым показателям.

Список библиографических ссылок

1. Шляхто Е. В. Кардиология. Журнал для непрерывного медицинского образования врачей. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 88 с.
2. Arian Mostaedi. New health facilities. Barcelona : Carles Broto and Josep M Minguet, 2003. 235 p.
3. Ипатов П. В., Бойцов С. А., Калинина А. М. Организация проведения диспансеризации определенных групп взрослого населения. М., 2015. 134 с.
4. Моргун Н. А., Соболева Е. В. Факторы, определяющие архитектурно-художественные решения пространственной среды лечебных учреждений. Ростов н/Д. : ИАрхИ ЮФУ, 2011. С. 260–266.
5. Medical tourism association// MEDICALTOURISMASSOCIATION.COM: интернет-изд. 2017. URL: http://www.medicaltourismassociation.com/en/about-us.html (дата обращения: 22.10.2017).
6. Российский рынок медицинского туризма: завышенные цифры и упавший интерес // VC.RU : интернет-изд. 2016. URL: https://vc.ru/13955-recomed (дата обращения: 16.11.2017).

7. Современные проблемы науки и образования // SCIENCE-EDUCATION.RU: интернет-изд. 2005. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=11205 (дата обращения 17.11.2017).
8. Натензон М. Я., Райков А. Н. Мобильные телемедицинские комплексы в системе национальной безопасности // Межотраслевая информационная служба. М., 2016. № 1 (174). С. 59–75.
9. Билалов Р. Р., Нурытдинов А. В. Мобильный диагностический комплекс как технология обеспечения медицинской профилактики // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. М. : Мхелс-технолоджи, 2017. С. 100–103.
10. Kras I. M. C. Sustainable hospital buildings: master's Thesis. D.: Technical University of Delft, 2011. 115 p.
11. Гайдук А. Р. Реновация медицинских объектов // Молодой ученый. Казань, 2016. № 21. С. 121–124.

Shinkarev Alexey Nikolaevich
post-graduate student
E-mail: shinkarev-90@mail.ru
Prokofiev Evgeniy Ivanovich
candidate of architecture, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Principles of the spatial organization of the diagnostic block (DB)

Abstract

Problem statement. The purpose of our research is the development of the principles of architectural planning and town planning organization for modern medical diagnostic complexes of various levels of organization in the conditions of active technical and technological support of medical and preventive institutions.

Results. The main results of the research are the development of a flexible architectural and planning structure of health facilities based on a mobile medical diagnostic unit. The obtained data allowed creating planning schemes for medical diagnostic blocks (MDB) using the module-cell.

Conclusions. The significance of the results for the architecture lies in the fact that the proposed principles for the organization of MDB in the future with a detailed study of the design and technological solutions will form the basis for recommendations on the design of medical centers of different functional orientation for different environmental conditions.

Keywords: the structure of the healthcare system, mobile diagnostic units, mobile cardiology centers, modular medical centers, modular cardiology units, mobile medicine, the structure of the cardiological unit, the structure of the diagnostic unit, compact medical units.

References

1. Shlyakhto E. V. Cardiology. Journal for the continuous medical education of doctors. M. : GEOTAR-Media, 2015. 88 p.
2. Arian Mostaedi. New health facilities. Barcelona: Carles Broto and Josep M Minguet, 2003. 235 p.
3. Ipatov P. V., Boytsov S. A., Kalinina A. M. Organization of clinical examinations of certain groups of adults. M., 2015. 134 p.
4. Morgun N. A., Soboleva E. V. Factors determining architectural and artistic solutions of the spatial environment of medical institutions. Rostov n/D.: IARHI SFU, 2011. P. 260–266.

5. Medical tourism association // medicaltourismassociation.com: Internet-ed. 2017. URL: http://www.medicaltourismassociation.com/en/about-us.html (reference date: 22.10.2017).
6. The Russian market of medical tourism: inflated figures and fallen interest // VC.RU: Internet-ed. 2016. URL: https://vc.ru/13955-recomed (reference date: 16.11.2017).
7. Modern problems of science and education // SCIENCE-EDUCATION.RU: Internet-ed. 2005. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=11205 (reference date: 17.11.2017).
8. Natzon M. Ya., Raikov A. H. Mobile telemedicine complexes in the national security system // Mezhotraslevaya informatsionnaya sluzhba. M., 2016. № 1 (174). P. 59–75.
9. Bilalov R. R., Nuritdinov A. V. Mobile diagnostic complex as a technology for medical prevention // Zhurnal telemeditsiny i elektronnogo zdravookhraneniya. M. : Mhealth-Technology, 2017. P. 100–103.
10. Kras I. M. C. Sustainable hospital buildings: master's Thesis. D.: Technical University of Delft, 2011. 115 p.
11. Gaiduk A. R. Renovation of medical facilities // Molodoy uchenyy. Kazan, 2016. № 21. P. 121–124.

УДК 711.553.12
Бикташев Артур Ильдарович
архитектор
E-mail: archytureek@gmail.com
ООО «Архитектурный десант»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Баумана, д. 19, оф. 301
Коломина Анастасия Игоревна
архитектор
E-mail: nastasialaelens@gmail.com
Дизайн-студия «MUZA Design»
Адрес организации: 420140, Россия, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, 90А, оф. 832
Краснобаев Иван Васильевич
кандидат архитектуры, доцент
E-mail: tia.kgasu@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Проблематика прирельсовых территорий городов и подходы к их архитектурному преобразованию

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования стал анализ основных проблем, связанных с железнодорожными линиями в черте городов, а также возможные пути реновации прирельсовых территорий.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в структурировании основных проблем прирельсовых территорий и способов их решения, сопоставленных с отечественными и зарубежными примерами и методами.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в возможности соотнести проблему конкретной прирельсовой территории со способом ее решения, основываясь на проведенном в статье исследовании.

Ключевые слова: прирельсовые территории, разрывы в городской ткани, реновация вокзального комплекса, полосы отвода, неэффективно используемые территории.

Введение

В условиях стремительно развивающегося общества XX-XXI веков возникают новые проблемы организации инфраструктуры городов и архитектурно-пространственной среды. Развитие транспортной системы определено главнейшей задачей «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года», что оправданно, ведь это способствует устойчивому развитию городов, а также сохранению экологического баланса. Особенно это касается железнодорожного транспорта, так как железные дороги в значительной мере влияют на формирование городской среды.

Российские железные дороги можно по праву назвать самым универсальным транспортом. Железнодорожный транспорт не зависит от погодных условий, весьма экологичен, недорог в эксплуатации, да и историческое значение железной дороги в России сложно переоценить.

Однако технический прогресс в развитии железнодорожного транспорта и новые тенденции в проектировании и строительстве зданий железнодорожных хозяйств нередко приводили к тому, что часть этих сооружений оказались мало востребованными или не нужными в современном крупном мегаполисе.

Кроме того, территории, занятые железнодорожными сооружениями, в том числе сортировочными станциями и депо, промышленными вводами, техническими базами и зонами отчуждения составляют большую площадь в центрах городов. Например, в Москве более 40 сортировочных станций, которые вместе со складской застройкой и депо составляет более 2000 га, из которых 1500 га находятся в центральной и средней

части города [1, с. 12]. Примеры других городов – железнодорожных узлов демонстрируют аналогичную ситуацию (рис. 1).

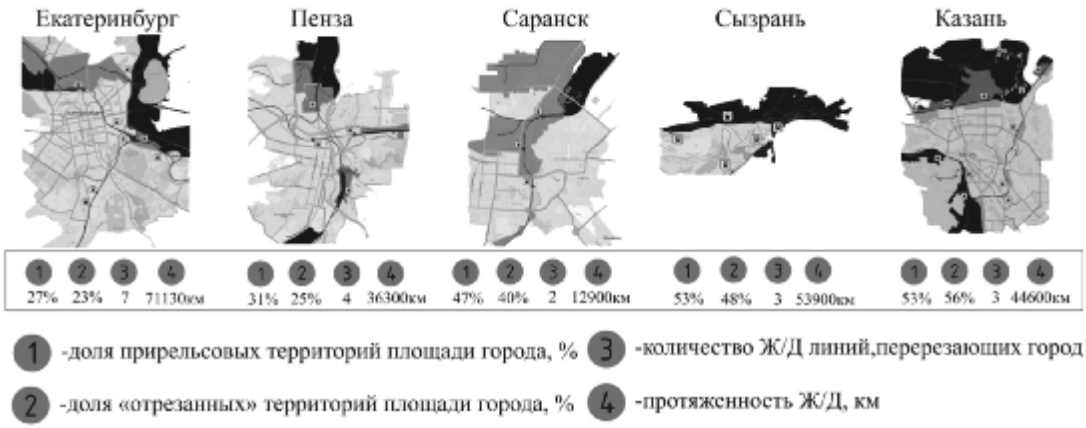


Рис. 1. Визуализированная статистика прирельсовых территорий крупных городов – железнодорожных узлов. Черным показаны отрезанные ж/д линиями территории

Эти зоны стали негативно влиять на градостроительные, экологические, визуальные и социальные характеристики города. При этом сформировались незастроенные прирельсовые территории, которые составляют значительный стратегический резерв для развития города и обладают большими перспективами ввиду своей транспортной доступности. При комплексном подходе прирельсовые территории могут стать основой для развития комплексов общественных зданий, многоуровневых объектов и рекреаций [2]. Железнодорожные комплексы и прилегающие к железнодорожным путям территории должны быть организованы в пространстве и во времени с учетом интересов жителей, а также дальнейшего развития города, большое влияние на которое могут оказать прирельсовые территории, имея большой потенциал и возможность стать иллюстрацией принципа «мысли глобально, делай локально», задав положительный вектор урбанизации [3, с. 7].

Кроме того, следует учитывать такие грядущие инфраструктурные нововведения как, например, проект строительства ВСМ – высокоскоростной железнодорожной магистрали, проходящей через Московский, Ново-Савиновский и Кировский районы г. Казани и повышающей статус железнодорожного сообщения, а, следовательно, и требования к вокзалу «Казань-2» и прирельсовым территориям вышеперечисленных районов.

Терминология и проблематика прирельсовых территорий

Автор исследований по прирельсовым территориям Канунников М.Н. утверждает, что основой формирования границ прирельсовых территорий становится линия жилой застройки города, которая не входит в функциональный состав прирельсовых территорий, за исключением специализированных вариантов (общежитий, жилой и административной застройки служб железной дороги).

В состав прирельсовых территорий включаются территории железнодорожного транспорта, городские территории, имеющие отношение к железнодорожной отрасли и находящиеся в составе общественной и административной структур, зоны временной хозяйственной застройки и территории резерва, а также санитарные и экологические зоны и территории, функциональное назначение которых меняется, в том числе реорганизуемые промышленные зоны [4, с. 9].

Обратимся к проблематике прирельсовых территорий. Можно выделить следующие основные типы проблемных прирельсовых территорий [5, с. 2-3]:

- Разрывы в городской ткани – территории железных дорог в структуре города, создающие разрывы между районами. Вообще, фрагментированность города может интерпретироваться как положительное качество в случае, когда она возникла намеренно

из желания сохранить ценные природные территории, в статье же говорится о негативном смысле дробления города прирельсовыми территориями.

- Неэффективно используемые территории – обширные санитарные зоны и зоны отчуждения железных дорог, а также территории объектов железнодорожного транспорта в черте города, которые можно реорганизовать, оптимизировать, а также вывести за пределы срединной части города (территории грузовых дворов, сортировочных станций и др.).

Такие территории в большинстве случаев обширны и могут быть оптимизированы и сокращены. При комплексном подходе к переоборудованию таких станций, возможно значительно повысить их эффективно, сократив при этом задействованную территорию.

- Складские объекты на территории железных дорог – контейнерные терминалы в составе грузовых дворов, складские терминалы вдоль железных дорог, временные складские объекты.

- Закрытые и неиспользуемые территории – территории, относящиеся к железным дорогам, но используемые не по назначению, (закрытые заводы, станции, вокзалы, депо в аварийном состоянии и др.).

- Сформировавшаяся вдоль железных дорог промышленная зона, частично утратившая свои функции.

Например, в Москве проблема разрывов в городской ткани прослеживается на переходе между станциями Щукино и Покровское-Стрешнево. Район Покровское-Стрешнево отделен от метро линией Московской кольцевой железной дороги.

В той же Москве ярко выражена проблема обширных складских зон на прирельсовых территориях таких станций как Бойня, Бескудниково, Владыкино и другие [5, с. 9-10].

Проблема разрастания неэффективно используемых прирельсовых территорий наблюдается в Минске. Так, в центре Минска расположены крупные грузовые распределительные узлы, «Минск Северный» и «Минск Сортировочный». Вокруг этих объектов распространились складские и санитарно-защитные зоны, оказывающие негативное влияние на прилегающую застройку и ухудшают экологическую обстановку [6, с. 2]. Подобная проблема есть и в Казани, пустующие территории, которые числятся коммунально-складскими, расположились между улицей Воровского, Дементьева и железной дорогой.

В Новосибирске сформировавшаяся вдоль железнодорожной линии промышленная зона морально и физически устарела, а также отсекает центр города от реки Обь [7, с. 6]. Похожая ситуация в Казани сложилась также в районе «Казань-2», где промышленная зона расположилась вдоль железной дороги.

В контексте преобразования прирельсовых территорий можно условно выделить в них пять основных элементов:

1) Вокзал (вокзальный комплекс, привокзальная площадь, перрон);

2) Объекты транспортной инфраструктуры (депо, станции отстоя вагонов, сортировочные, погрузочные, ремонтные станции, силовые подстанции, диспетчерские, станции контроля);

3) Непосредственно железнодорожный транспорт;

4) Санитарно-защитная зона (50-100 м для России по СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03) + полоса отвода;

5) Зоны промышленно-складского назначения, включая предприятия, связанные с железной дорогой.

Покажем сложившиеся в мировой практике подходы к преобразованию каждого из этих элементов.

Вокзал (вокзальный комплекс)

Самой активной частью прирельсовых территорий является вокзал, развитие вокзального комплекса влияет на все части прирельсовой территории и прилегающих районов города. Так же, как и ненадлежащее, аварийное состояние вокзала, нерациональное, неудобное для посетителей использование привокзальной площади и прилегающей территории могут привести к формированию неблагоприятной среды. Зачастую реновация, модернизация или реконструкция вокзала действует как катализатор

развития прилежащих районов [8]. Показательным примером является модернизация вокзала и реновация привокзальной территории в Денвере, США. Частичная модернизация вокзала, а именно возведение над перроном тентового покрытия в виде оболочки отрицательной кривизны, которая стала футуристичным акцентом в архитектуре вокзального комплекса, а также реновация вокзальной площади и примыкающей к ней территории, развитие в сторону общественно-деловых и рекреационных пространств поспособствовали регенерации центра города и развития туризма. Очень важным мотивом реновации вокзальных комплексов является территориальный аспект. Вокзалы, как правило, отнимают значительные территории у центральной части города. В связи с этим, в больших городах возникло решение, при котором вокзал и железнодорожные линии переносят на подземный уровень. Прецедентом стала реновация Пенсильванского вокзала в Нью-Йорке. Вокзал был построен в 1905-1910-х годах и считался одной из главных достопримечательностей Манхэттена. В 1963 году вокзал был снесён в сжатые сроки и без предварительного общественного обсуждения, на его месте в 1968 году открыты офисный центр Two Penn Plaza и четвёртое здание стадиона Мэдисон Сквер Гарден. Этот снос вызвал большой скандал, оставивший заметный след в истории. Новый вокзал был построен на фундаментах старого и с использованием прежних платформ. Современный опыт предоставляет множество вариантов бережного отношения к памятникам архитектуры среди вокзальных комплексов. Примером совмещения таких подходов, как реставрация и реконструкция вокзалов является реконструкция вокзала Ostrava-Svinov в Чехии. Перед отреставрированным историческим зданием вокзала вплотную был новый корпус, выполненный из лёгкого металлического каркаса и стекла, чтобы обеспечить максимальную прозрачность всего здания. Таким образом, новый корпус расширяет площадь здания, не закрывая при этом фасад старого корпуса [9].

Очень нетипичным является проект Lowline park в Нью-Йорке, его суть заключается в ревитализации заброшенной с 1948 года подземной троллейбусной станции. При том, что основное пространство станции находится глубоко под землёй, проект направлен в сторону дезурбанизации и озеленения города, суть его в создании подземного парка с живыми растениями. Компания RAAD разработала систему, благодаря которой солнечный свет будет проникать внутрь подземных помещений с помощью оптоволоконной системы освещения и гелиотехнологий. При этом свет избавят от ультрафиолетового и инфракрасного излучения [10].

На рис. 2 представлена авторская модель реновации условного вокзала с использованием изученного опыта.

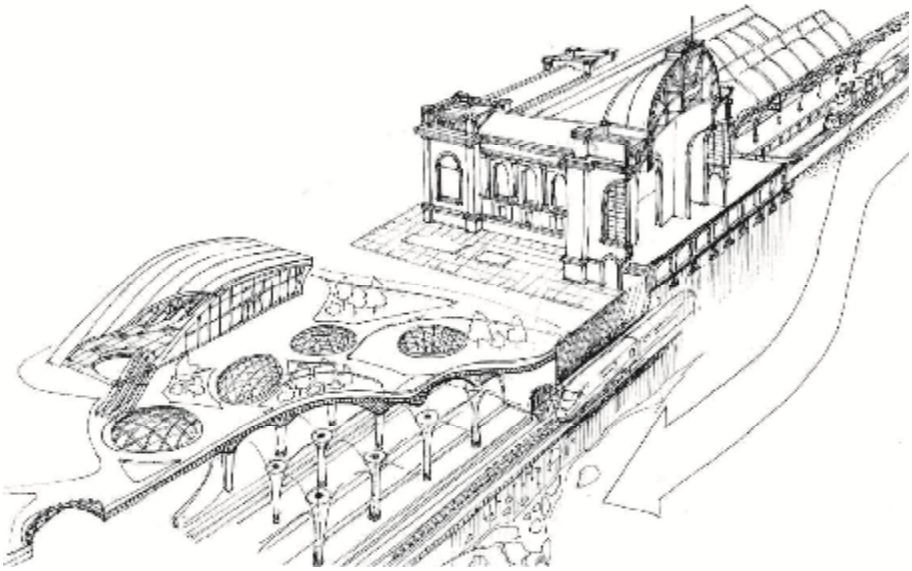


Рис. 2. Авторская модель реновации условного вокзала

Инфраструктура железнодорожного транспорта

Это обширный комплекс связанных между собой сооружений, обеспечивающих функционирование самой железной дороги. В неё входят здания депо, станции отстоя вагонов, сортировочные, погрузочные, ремонтные, грузовые станции, силовые подстанции, диспетчерские, пункты контроля и т.д. В связи с техническими или экономическими изменениями железнодорожного транспорта, теряется потребность в некоторых элементах инфраструктуры, что приводит к её деградации. В некоторых случаях этого можно избежать с помощью модернизации сооружений и улучшения технической базы, как например при электрификации железной дороги на Урале в СССР в 1956-1980-е гг. Модернизация транспорта потребовала перестройки локомотивного хозяйства, существующие паровозные депо были объединены с электровозными и тепловозными депо в единые крупные предприятия, производственные площади локомотивных депо были расширены, ускоренными темпами переоборудовались старые цехи, цехи по ремонту локомотивов оснащались подвесными кранами, усиливалось освещение смотровых канав, новые канавы сооружались из железобетонных плит, производилось нестандартное оборудование, верстаки, стеллажи, технологическая оснастка. Ещё один метод – это точечная реновация деградированных участков и сооружений инфраструктуры. В Мюнхене на месте заброшенного железнодорожного депо был построен современный автовокзал. Таким образом, было произведено объединение автобусной транспортной сети и железной дороги в единый пересадочный узел, а современная архитектура нового вокзала положительно повлияла на градостроительный образ района.

В случаях, когда сооружения железнодорожной инфраструктуры находятся в исторической застройке и сами являются её частью, но из-за технического состояния, несоответствия современным требованиям не могут быть использованы для своей первоначальной функции, может быть проведена ревитализация данных объектов и прилегающей территории. Замена функции на актуальную для района поможет реабилитировать территорию, а некоторые артефакты промышленного прошлого объекта помогут обогатить ландшафт и привлечь посетителей. В качестве примера ревитализации объекта ж/д инфраструктуры в объект культурно-образовательной функции может служить реконструкция заброшенного железнодорожного депо в культурный центр Vias, Леон, Испания. Проект является частью масштабного плана преобразования городской среды вдоль железной дороги, цель которого вернуть горожанам прирельсовые территории, переоборудовав их под культурные, рекреационные и общественно-деловые функции. Популярным методом ревитализации объектов ж/д инфраструктуры является создание на их основе музеев железной дороги, таких как Центральный музей Октябрьской железной дороги, Санкт-Петербург, Россия и Kyoto Railway Museum, Киото, Япония. Оба проекта в качестве основы для реконструкции используют здания локомотивных депо, преобразуя интерьер и прилегающую территорию под выставочные и образовательные пространства.

Говоря о железнодорожной инфраструктуре, отдельного подхода заслуживают грузовые станции. При реновации грузовых станций на первый план выходят проблемы не только технического характера, но и территориального: к примеру, в пределах территории города Москвы находятся 44 грузовые станции, занимающие 1692 га, к тому же грузовые станции являются активным источником вредных для человека воздействий (шум, загрязнение воздуха и почвы). Негативным фактором для градостроительного развития прирельсовых также является протяжённость территории грузовых станций: из-за технологической особенности протяжённость станции должна соответствовать длине грузового состава поезда. В мировом опыте существуют приёмы оптимизации грузовых станций. Наиболее комплексные приёмы заключаются в выведении грузовых станции из центральной части города на периферию с дальнейшим формированием транспортно-логистических узлов, которые можно классифицировать по площади, объему работы, количеству транспорта, и предоставляемым услугам на полис, комплекс, кластер. Полис – самый большой по площади и количеству задействованной инфраструктуры крупный транспортно-логистический узел или грузовая деревня, причём является транспортным узлом для трёх и более видов транспорта. На территории полиса ведутся работы по обработке, складированию, распределению, оформлению и отправке груза, а также могут размещаться офисы и гостиницы. Данная концепция распространена в США и Европе, особенно в

Германии, где существует Ассоциация грузовых деревень DGG (станции Гамбург-Бильвердер, Мюнхен-Рим), и Италии, где находится один из крупнейших полисов Interporto Bologna (320 га). Средний по величине транспортно-логистический узел – комплекс. К комплексу относят транспортно-терминально-логистические центры (ТЛЦ), контейнерные терминалы. На территории комплекса осуществляются обработка, хранение, оформление грузов и информационные услуги. Кластер – компактный многоуровневый модульный терминал для контейнеров с возможностью расширения. Особенностью является увеличенная скорость погрузочно-разгрузочных работ благодаря роботизированному способу извлечения контейнеров. Примером является контейнерный терминал в Токио компании JFE Engineering Corporation. Использование такого терминала даёт возможность сократить территорию грузовой станции, и использовать её для нужд города.

На рис. 3 представлена авторская модель ревитализации условной железнодорожной инфраструктуры с использованием изученного опыта.

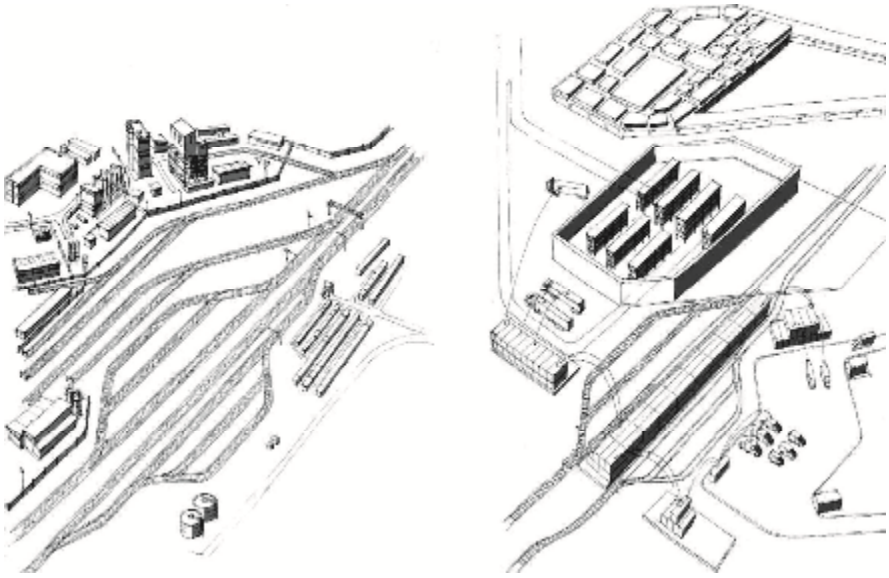


Рис. 3. Авторская модель ревитализации условной железнодорожной инфраструктуры

Транспорт как часть прирельсовой территории

Развитие и модернизация подвижных составов рельсового транспорта существенно влияет на восприятие прирельсовых территорий в целом, так как большую часть времени пассажир проводит именно внутри самого транспорта. Пассажирский и грузовой поток зависят, в том числе, от технических характеристик рельсового транспорта: скорость, вместимость, удобство, надёжность. Увеличение или уменьшение пассажирского и грузового потоков влекут изменения остальных частей прирельсовых территорий. Примерами глобального изменения железнодорожной отрасли в связи с модернизацией транспорта являются: электрификация железных дорог во всех странах, в которых в начале XX-го века была развитая железнодорожная сеть, внедрение сети скоростных магистралей Синкансен (1968 г.) и сети поездов на магнитной подушке Маглев (1979 г.) в Японии.

Санитарно-защитная зона и полоса отвода

Санитарно-защитная зона – территория, располагающаяся вдоль железнодорожных путей в пределах 50-100 метров и выполняющая функцию защитного барьера, который обеспечивает уровень безопасности населения от отравления рассеивающимися загрязняющими веществами, шума и вибрации, производимых при штатном использовании железной дороги (СанПин 2.2.1/2.1.1.1200-03). Полоса отвода железных дорог – земельные участки, прилегающие к железнодорожным путям, предназначенные для размещения железнодорожных путей, водоотводных и укрепительных устройств, защитных полос лесов, линий связи, устройств электроснабжения, строений, сооружений, устройств и других объектов железнодорожного транспорта (Федеральный закон от

10.01.2003 № 17-ФЗ (ред. от 20.12.2017) «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации»). Основным элементом прирельсовых территорий, создающим разрыв городской ткани, можно считать полосу отвода и примыкающую к ней санитарно-защитную зону. На них допускается размещать автомобильные дороги, гаражи, стоянки автомобилей, склады, учреждения коммунально-бытового назначения. Размещение жилой застройки в пределах СЗЗ запрещено. В связи с этим невозможна привычная квартальная или микрорайонная планировка территории, не ведётся должный контроль над формированием градостроительной ситуации и городской среды, удобной для жителей в пределах СЗЗ. Данные территории становятся зонами отчуждения, а город теряет ценные площади. На примере зарубежного опыта можно выявить сценарии освоения территории полосы отвода и прилежащей к ней территории. Наиболее простым сценарием является застройка территории вплотную к железнодорожным линиям и насыщение её новыми функциями, доступными для жителей близлежащих районов. Такая застройка направлена на реабилитацию прирельсовых территорий и функционально чаще всего бывает общественно-деловой, рекреационной или торгово-развлекательной. В мегаполисах в разных странах вплотную к железнодорожным линиям возводится в том числе и жилая застройка, в некоторых случаях ж/д-пути проходят напрямую через жилые дом (19-тиэтажный жилой дом в городе Чунцин, через который проложена ветка монорельса). Наиболее показательными примерами выступают азиатские мегаполисы, такие как Токио, Пекин, Гонконг, Шанхай, Ханой и т.д., в которых плотная застройка территории, прилегающей к железной дороге началась уже давно. При этом для обеспечения безопасности и свободы перемещения жителей ведутся меры по разведению по уровням рельсового транспорта, пешеходов и автомобилей; непрерывно ведётся строительство эстакад, мостов, путепроводов, многоуровневых автобанов и виадуков. Таким образом, выполняется ещё один сценарий – перенос рельсового транспорта на надземный уровень с последующим освоением пространства под ним. Во многих случаях железную дорогу и автомагистраль совмещают по одному маршруту, но на разных уровнях, такие примеры характерны для Европейских городов, как например Канны, где над железной дорогой проходит проспект Башам Саид Буалам. В данном случае автомобильная эстакада выполняет дополнительную функцию ограждения железной дороги, накрывая её словно чехол. Тот же принцип может быть применён в целях дезурбанизации прирельсовой территории, когда вместо прокладки автомобильной дороги, пространство над полосой отвода используется для озеленения и создания рекреации. В Испании в Барселоне на станции Jardins de la rambla de sants возведён парк, пролегающий над железнодорожной линией [11]. Комплексным и самым ярким примером является район 15 Hudson yards, включающий в себя highline park, спроектированный студией Diller Scofidio+Renfro в Нью-Йорке, США. Над полосой отвода бывшей грузовой станции возведены 2 площадки общей площадью 105000 м^2, на которых на данный момент ведётся застройка смешанной функции, включая жилые, образовательные и спортивные здания и парковая зона на 40000 м^2. В 2014 году на поверхности заброшенной эстакадной железной дороги был открыт Highline park [12, с. 3]. Самым частым эффективным приёмом по освоению пространства над полосой отвода можно назвать строительство так называемого вокзала – моста, когда само здание вокзала или его корпус пролегает над ж/д-путями. Данная концепция не нова и проявлялась ещё в конкурсной деятельности советского архитектора Игоря Явейна, в частности в проекте Центрального Курского вокзала (1932 г.). Сегодня же существует множество примеров реализации идеи Явейна, например, Rome Tiburtina train station в Риме, Италия.

Популярным для больших городов является сценарий переноса железной дороги на подземный уровень, причём речь идёт не только о метро, но и о стандартных железнодорожных линиях в черте города. Уход ж/д-линий под землю позволяет вернуть городу территории на уровне земли, равные полосе отвода и не требующие создания санитарно – защитной зоны вокруг себя. Примером может служить всё тот же Пенсильванский вокзал в Нью-Йорке.

На рис. 4 представлена авторская модель ревитализации условной железнодорожной инфраструктуры с использованием изученного опыта.

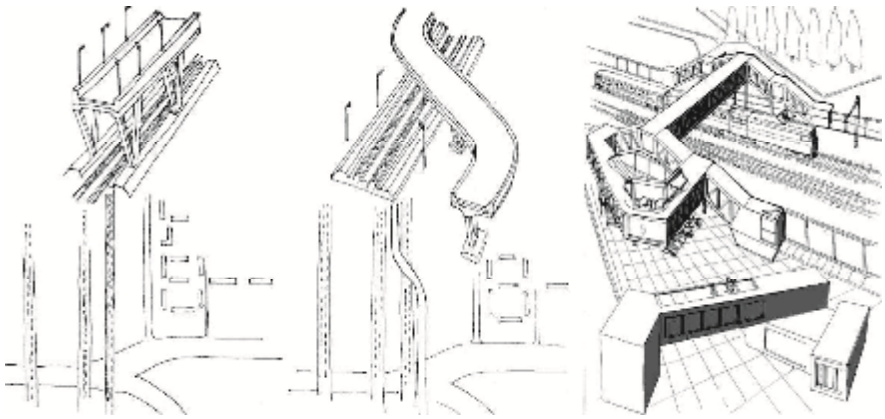


Рис. 4. Авторская иллюстрация использования ССЗ и полосы отвода

Зоны промышленно-складского назначения

В период активной индустриализации снабжение промышленных предприятий осуществлялось в основном по железной дороге, поэтому в городах, вокруг ж/д-путей, сформировывались промышленные зоны с разветвлённой железнодорожной инфраструктурой (депо, силовые подстанции, сортировочные станции, станции отстоя вагонов и т.д.). Изначально, занимая окраинные зоны, промышленные прирельсовые территории из-за разрастания городов оказались в центре жилой застройки, а привязка к железнодорожным путям поспособствовала протяжённости образовавшихся промышленных поясов. Переход от индустриального к постиндустриальному типу общества приводит к тому, что производства частично или полностью свёртываются, постройки используются как складские помещения или приходят в запустение, формируя неблагоприятную среду и занимая ценные городские территории. Таким образом, промышленные прирельсовые территории деградируют, становятся зоной отчуждения и разрывом в ткани города, препятствующим транспортно-пешеходному потоку. Преобразования деградированных промышленно-складских прирельсовых территорий сегодня ведутся по разным сценариям, которые можно разделить по направлению и объёму проводимых работ. Самым радикальным сценарием является полная реновация целых промышленно-складских районов, как в городе Гейдельберг в Германии. Деградированная промышленная застройка была полностью снесена, на её месте возводится город-кампус с применением энергоэффективных технологий строительства, в котором в том числе будут располагаться научно-исследовательские компании [13].

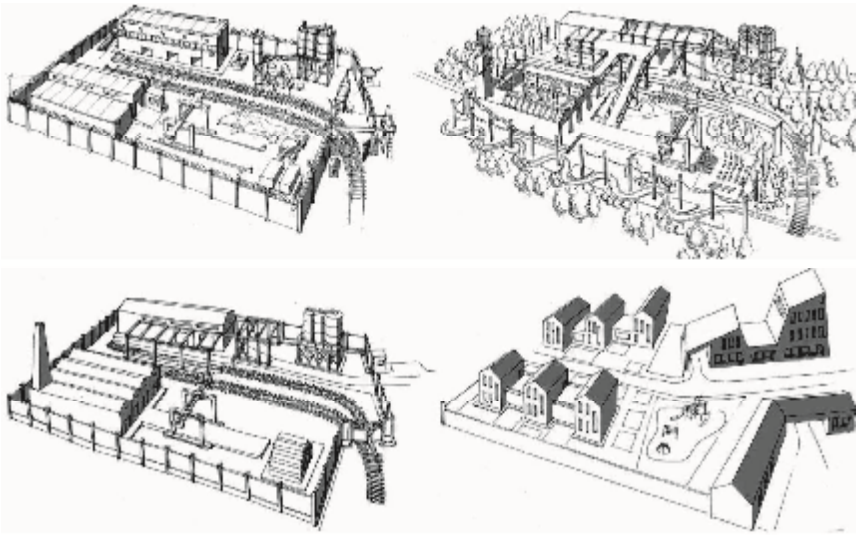


Рис. 5. Авторская модель реновации условной промзоны на прирельсовых территориях

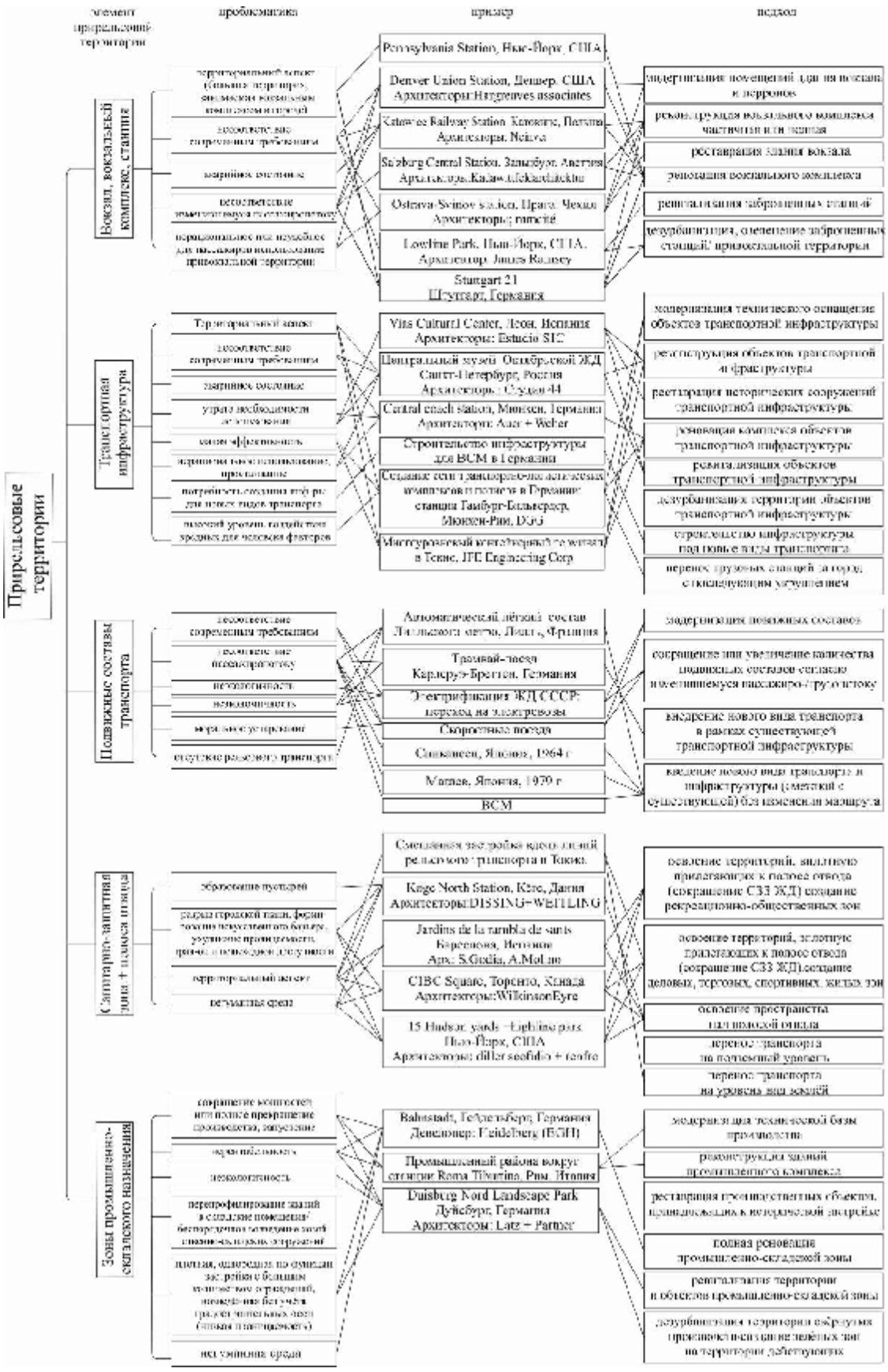


Рис. 6. Проблематика и методы преобразования элементов прирельсовых территорий

Частый пример, когда крупные промышленные предприятия, связанные с сетью железных дорог, свёртываются и приходят в запустение. В Германии в Дуйсбурге на территории металлургического завода был обустроен ландшафтный парк Duisburg Nord Landscape Park, спроектированный архитектурным бюро Latz+Partners. При обустройстве был применён подход ревитализации и дезурбанизации промышленных объектов: все здания и сооружения завода были сохранены и приспособлены для прогулок, а территория по возможности озеленена.

На рис. 5 представлена авторская модель реновации условной промзоны на прирельсовых территориях с использованием изученного опыта.

Вышеописанные примеры объединены в таблицу на рис. 6.

В таблице приведены примеры проблематики для каждого из пяти элементов прирельсовых территорий, для каждого из них представлен конкретный случай преобразования из мировой практики и подходы, применённые при их преобразовании.

Можно утверждать, что эффективным может стать системный подход преобразования всей прирельсовой территории, так как подходы преобразования взаимосвязаны между собой, а в некоторых случаях применение одного из них закладывает основу для другого. Например, перенос транспорта на подземный уровень делает необходимым проведение реновации вокзального комплекса, а также даёт возможность освоения территории бывшей полосы отвода и СЗЗ.

Системный подход планируется применить в наших дальнейших научных исследованиях по разработке проектов реновации прирельсовых территорий транспортно – пересадочного узла «Казань-2». При этом планируется выявить наиболее эффективное сочетание методов.

Заключение

Прирельсовые территории имеют большой потенциал, а с годами их значимость лишь растет. Они влияют на развитие городов, экологию, проницаемость районов и их доступность. Прирельсовые территории – своеобразное лицо города, это первое, что видит прибывший на поезде человек. При правильном подходе к реновации прирельсовых территорий улучшится качество городской среды не только непосредственно вдоль железнодорожных линий, но и в масштабе города. Мировой опыт подсказывает удачные решения проблем, возникающих на каждом типе прирельсовых территорий, применив который, можно существенно повысить эффективность использования прирельсовых территорий.

Список библиографических ссылок

1. Чайко Д. С. Проблемы организации прирельсовых железнодорожных территорий и вокзалов // Современное строительство и архитектура. 2017. № 1 (05). С. 12–14.
2. Urbandereliction. What of the future // Surveyor. 1980. V. 155. № 4575.
3. Хуснутдинова С. Р., Дембич А. А., Закирова Ю. А. Социально – экологические факторы формирования комфортной среды урбанизированных территорий // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 28–35.
4. Канунников М. Н. Многофункциональные комплексы в прирельсовых территориях современного города: на примере Москвы : автореф. дис. … канд. архит. 18.00.02. М., 2002. 23 с.
5. Ларина Н. А. Железнодорожные территории – перспективы для развития города Москвы // Архитектура и современные информационные технологии. 2014. № 3 (28). С. 1–15.
6. Кублицкая О. В. Архитектурная трансформация прирельсовых территорий : мат. 72-й Студенческой научно-технической конференции / БНТУ. Минск, 2016. С. 32–34.
7. Смолякова И. В. Использование потенциального ресурса прирельсовых территорий при формировании индивидуального архитектурного облика крупного города (на примере города Новосибирска) // Вестник ТГАСУ. 2014. № 5. С. 54–62.

8. Edwards B. The Modern Station: New Approaches to Railway Architecture. L. : E&FN Spon, 1997. 206 p.
9. Ali M., Platko P. Advances and trends in engineering sciences and technologies II: proceedings of the 2nd International conference on engineering sciences and technologies / Tatranske Matliare. Slovak Republic, 2016. 862 p.
10. Cohen J. With lowline test almost over, scaling up underground park will be next. // NEXTCITY.ORG : интернет-изд. 2017. URL: https://nextcity.org/daily/entry/new-york-lowline-underground-park (дата обращения: 10.04.18).
11. Ana Molino Sergi Godia. Rambla de Sants. // LANDEZINE.COM : интернет-изд., 2016. URL: http://www.landezine.com/index.php/2016/12/rambla-de-sants-by-sergi-godia-and-ana-molino/ (дата обращения: 29.03.18).
12. Telichenko V., Benuzh A., Mochalov I.. Landscape architecture and green spaces in Russia // Matec web of conferences. 2017. V. 117. 6 p.
13. Soren Peper. Energie-Monitoring von Wohngebauden im Passivhaus-Stadtteil Heidelberg-Bahnstadt. Darmstadt : Passivhaus Institut, 2016. 43 p.

Biktashev Artur Ildarovich
architect
E-mail: archytureek@gmail.com
LTD «Architecturnii desant»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Baumana st., 19, of. 301
Kolomina Anastasia Igorevna
architect
E-mail: nastasialaelens@gmail.com
Design studio «MUZA Design»
The organization address: 420140, Russia, Kazan, Juliusa Fuchika st., 90A, of. 832
Krasnobaev Ivan Vasilievich
candidate of architecture, associate professor
E-mail: tia.kgasu@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Problems of railway areas in cities and approaches to their architectural transformation

Abstract

Problem statement. The purpose of the article was to analyze the main problems associated with railway lines in the city, as well as possible ways of renovating the railway areas.

Results. The main results of the research are in structuring the main problems of the railway areas and their solutions, compared with domestic and foreign examples and methods.

Conclusions. The significance of the results for the architecture consists in the ability to correlate the problem of a specific railway areas with the method of its solution, based on the study carried out in the article.

Keywords: railway areas, ruptures in urban fabric, renovation of the station complex, right of way, ineffective use of the territory.

References

1. Chaiko D. S. Problems in organization of railside areas and railway stations // Modern construction and architecture. 2017. № 1 (5). P.12–14.
2. Urbandereliction. What of the future // Surveyor. 1980. V. 155. № 4575.
3. Khusnutdinova S. R., Dembich A. A., Zakirova Yu. A. Socio-ecological factors of the comfortable environment formation in urban areas // Geographical bulletin. 2016. № 4 (39). P. 28–35.

4. Kanunnikov M. N. Multifunctional complexes in railroad territories of the modern city: Moscow case study : abstracts of PhD thesis. M., 2002. 23 p.
5. Larina N. A. Railway area – prospects for development of Moscow // Architecture and modern information technologies. 2014. № 3 (28). P 1–15.
6. Kublitskaya O. V. Architectural transformation of railway areas : materials of the 72nd student scientific and technical conference / BNTU. Minsk, 2016. P. 32–34.
7. Smolyakova I. V. Railroad area potential at architectural image of a big city (Novosibirsk case study) // Bulletin of TGASU. 2014. № 5. P. 54–62.
8. Edwards B. The Modern Station: New Approaches to Railway Architecture. L. : E&FN Spon, 1997. 206 p.
9. Ali M., Platko P. Advances and trends in engineering sciences and technologies II: proceedings of the 2nd International conference on engineering sciences and technologies / Tatranske Matliare. Slovak Republic, 2016. 862 p.
10. Cohen J. With lowline test almost over, scaling up underground park will be next. // NEXTCITY.ORG : интернет-изд. 2017. URL: https://nextcity.org/daily/entry/new-york-lowline-underground-park (references date: 10.04.18).
11. Ana Molino Sergi Godia. Rambla de Sants. // LANDEZINE.COM : интернет-изд., 2016. URL: http://www.landezine.com/index.php/2016/12/rambla-de-sants-by-sergi-godia-and-ana-molino/ (references date: 29.03.18).
12. Telichenko V., Benuzh A., Mochalov I.. Landscape architecture and green spaces in Russia. // Matec web of conferences. 2017. V. 117. 6 p.
13. Soren Peper. Energie-Monitoring von Wohngebauden im Passivhaus-Stadtteil Heidelberg-Bahnstadt. Darmstadt : Passivhaus Institut, 2016. 43 p.

УДК 711.4.
Самсонова Анастасия Алексеевна
архитектор-дизайнер
E-mail: stesha.94@inbox.ru
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

Визуальная трансформация пространственной среды города на основе свойств отражающих поверхностей

Аннотация

Постановка задачи. В статье рассматриваются отражающие поверхности, интегрированные в пространственную среду города. Ставится задача выявить основные этапы эволюции отражающих поверхностей. Обозначить уровни пространственной системы города с точки зрения применения в нем отражающих поверхностей. Основываясь на отечественной и зарубежной практике, проанализировать приемы визуальной трансформации пространственной среды города на основе свойств отражающих поверхностей и их влияние на определение атмосферы средового решения городских пространств.

Результаты. Основным результатом исследования является выявление основных типов визуальной трансформации пространственной среды города (умножение, увеличение, слияние и деформация архитектурных объектов и предметного наполнения среды). Особое значение имеет краткий обзор размещение отражающих поверхностей в архитектурной практике (интегрирование в плоскость планшета земли, в предметные формы городского дизайна, в отдельно стоящий архитектурный объем). Выделение основных этапов эволюции отражающих поверхностей.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в создании высококомфортных, эмоционально насыщенных, активно взаимодействующих городских пространств. Разнообразие возможностей интеграции отражающих поверхностей с архитектурной формой и предметами городского дизайна и визуальной трансформации на основе основных свойств отражающих поверхностей.

Ключевые слова: город, городское пространство, пространственная среда города, отражающие поверхности, интеграция отражающих поверхностей, визуальная трансформация.

Введение

Структура городского пространства создавалась и осмыслялась на протяжении большого количества десятилетий. Город менялся, развивался и, вместе с его развитием, менялись его функциональные и эстетические требования. Сейчас, в эпоху постиндустриального общества, большое внимание уделяется проблемам эстетизации, эмоциональной насыщенности, совершенствование предметных форм городского дизайн, активного взаимодействие среды и человека, восстановление экологического равновесия средствами дизайна, привнесения «умного» дизайна в городе.

Повышенный интерес к созданию высококомфортных городских пространств появляется еще с конца XX века, когда развивалось художественное оформление городского пространства, для решения поставленных задач по эстетизации города появляются различные проекты архитектурно-художественного оформления городов такие как: «графическая среда города», «цветовая среда города», «световая среда города». Город насыщается различными предметами городского дизайна, сделанными под

индивидуальную архитектурно-пространственную ситуацию с определенным подбором материала, колорита и фактуры.

Семь этапов эволюции отражающих поверхностей

Отражающие поверхности и их свойства на протяжении многих лет вызывали повышенный интерес архитекторов и художников, как одного из элементов проектирования городского пространства. Отражающие поверхности всегда окружали человека: в городской структуре, сначала в виде «зеркальной» поверхности воды, затем как искусственно созданного элемента, в пространстве интерьера и экстерьера. В процессе исследования отражающих поверхностей и их применения в городской среде было выделено семь основных этапов эволюции отражающих поверхностей (рис. 1).

Рис. 1. Семь этапов эволюции отражающих поверхностей в городском пространстве

Первый этап – V век до н.э. Использование поверхности воды в садово-парковом искусстве. В Египте при устройстве одной из моделей сада эпохи Среднего царства (2065-1580 гг. до н.э.) у могилы крупного чиновника Мекет-Ре в некрополе Деир-ель-Бахару. Два ряда колонн, между которыми в центре сада располагается бассейн, окруженный деревьями, которые отражаются на поверхности воды.

Второй этап – X-III век до н.э. Использование отражающей поверхности как миниатюрного предмета в быту человека. Это круглые литые бронзовые диски. Появились они у древних средиземноморских цивилизаций, таких как Древняя Греция и Древний Рим, этруски, а еще раньше – Древний Египет, уже знали, что такое металлическая отражающая поверхность созданная трудом человека [1].

Третий этап – XV-XVIII век. Появление отражающих поверхностей в пространстве интерьера. В 1682 году была открыта Зеркальная галерея в Версале сделанная мастерами Лебрена и Мансаром. Галерея представляла собой длинную анфиладу, где отражающими поверхностями служили зеркала, числом более трех сотен. Зеркальные поверхности в галерее располагаются напротив настоящих окон и представляются ложными окнами. Они многократно умножают все предметы, в том числе и друг друга, таким образом, галерея создает визуальный эффект бесконечного пространства.

Четвертый этап – XIX век. Отражающая поверхность появляется в городском пространстве в виде стеклянных витрин. Такое стеклянное оформление служило объектом привлечение внимание потребителей. Примером является сплошное остекление фасада магазина художественных зданий «Дациаро» на Кузнецком мосту в Москве, это было расчлененное переплетами стеклянное полотно. В дальнейшем, с развитием

технологий изготовления стекла, в фасад здания интегрируются сплошные плоскости остекления больших размеров без членения.

Пятый этап XX век, 20-е годы применение отражающих поверхностей, как вертикального элемента на фасадах зданий, возникает такое понятие как «дома-стеклянные призмы». Архитектор Норман Фостер широко применяет в своих проектах такой материал как стекло, используя его отражающие свойства, создавая эффект невесомости архитектурных объектов. Примером является Башня «Херста» в Нью-Йорке, основание башни монументальное шести этажное строение 1928 года выполненного в стиле ArtDeco, продолжением сооружения является стальной каркас, покрытый снаружи стеклянной оболочкой, визуально создается впечатление невесомости надстроенной части [2].

Шестой этап – XX век, 70-е годы. Отражающие поверхности, как искусственно созданная форма, начали применяться в предметном дизайне города. Абстрактные скульптуры Наума Габо, созданные из гнутых металлических поверхностей и стальных стержней в городском пространстве, сформированы путем сведения массы конструкции к минимуму, превращая ее в линию и плоскость. Такой метод художественного конструирования позволяет организовать пространство без создания сплошных объемов. Например, конструкция в пространстве «Арка № 2» созданная из бронзы и стальной проволоки.

Седьмым этапом стала постиндустриальная эпоха XXI века на данном этапе в связи с научно техническим прогрессом происходит эволюция формообразование отражающих поверхностей до бестелесной формы, расширяются горизонты применения отражающих поверхностей и их влияние на визуальный комфорт предметно-пространственной среды. Интегрированные отражающие поверхности в пространстве города по-новому влияют на сомасштабность архитектурных объемов и человека. Отражающая поверхность играет важную роль в формировании единого, образного стилистического решения архитектурного ансамбля, создавая непротиворечивое единство сливающихся форм ансамбля с городской средой.

Деление пространственной системы города на уровни

При рассмотрении городского пространства, с точки зрения применения в нем отражающих поверхностей, рассматривается комплексность, которая включает в себя уровни средового пространства города, такие как уровень «планшета» земли, уровень единичных объектов, уровень градостроительного партера, уровень архитектурных ансамблей (рис. 2) [3].

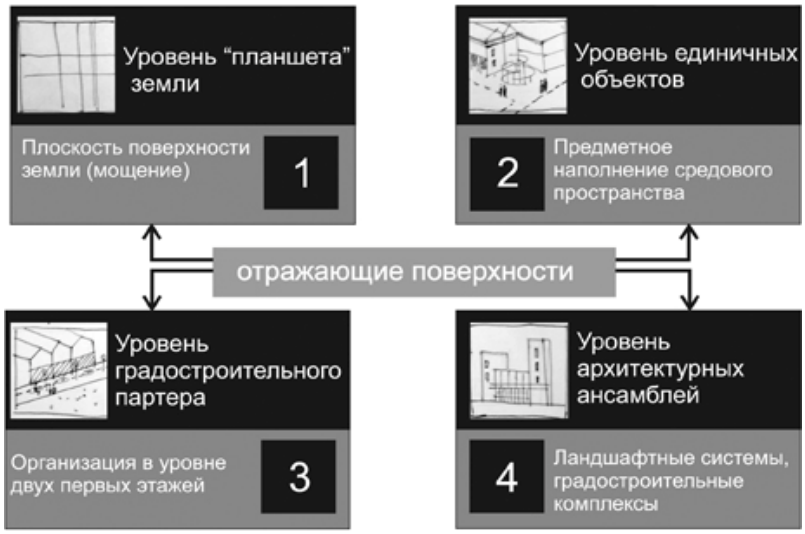


Рис. 2. Классификация отражающих поверхностей в городском пространстве по четырем уровням

1. Уровень планшета земли – это дизайн поверхности земли. Визуальная трансформация происходит в соответствии с определенной пространственной ситуацией, при которой за счет фактурной и графической обработки планшета земли, с применением

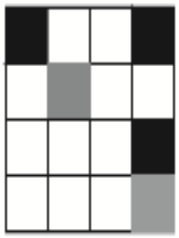
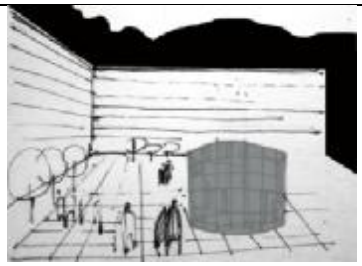
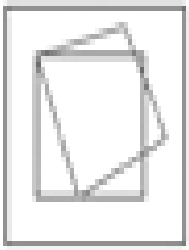
отражающих поверхностей, делается функциональный и эстетический акцент места действия. Примером является визуальная размытость, отражение людей и вечерних огней на обширной глянцевой поверхности мощения в одном из парков Японии.

2. Уровень единичных объектов – это отдельные элементы предметного комплекса, которые включают в себя систему городской навигации и визуальной коммуникации, скульптурные композиции и арт-объекты, а также единичные архитектурные сооружения. Наример, скульптура «Большое дерево» Аниша Капура, состоящая из 80 зеркальных стальных шаров. Скульптура расположена в испанском городе Бильбао рядом с Музеем Гуггенхайма.

3. Уровень градостроительного партера рассматривает организацию городского пространства на уровне двух-трех этажей застройки, включая элементы благоустройства и городского дизайна, т.е «зоны ближнего восприятия». Современный фасад здания «Broken Mirror», интегрируемый в один из исторических кварталов города Граца, благодаря отражающей поверхности (полированной нержавеющей стали), создает единый ряд с историческими постройками. Вход, утопленный от красной линии улицы, выступает в качестве акцента [3].

4. Уровень архитектурных ансамблей – это дизайн объемных форм фасадов архитектурных ансамблей и отдельных архитектурных объемов, а также дизайн городских улиц, площадей, пешеходных зон, бульваров набережных и других открытых пространств города, которые представляют собой композиционно и образно-стилистически единый ансамбль. Например, жилой комплекс в Лионе, спроектированный по проекту М. Фуксасса и Дориана Фуксас, занимает в Конфлуанс одно из ключевых и самых удачных мест: протяженным фасадом он обращен к реке и реконструируемой набережной, а торцом – к парку и зеленому холму Сент-Фуаэто. Благодаря единой стилистике фасадов зданий, выполненной из полированной нержавеющей стали, ансамбль гармонично сочетается с внешним окружением [4].

В архитектурных решениях, при использовании отражающих поверхностей, учитываются их главные свойства – это многократное умножение и деформация пространства, и его предметного наполнения. Визуальное изменение архитектурных форм и предметного комплекса происходит за счет различной интеграции отражающих поверхностей в структуру архитектурных элементов и дизайн-формы предметно пространственной среды (рис. 3).

Расположение в пространстве города	Тип Трансформации	Примеры применения отражающих поверхностей в пространстве города
Плоскость планшета земли	 Умножение	Глянцевое мощение в парке Японии
 Дизайн формы отдельных элементов	 Искажение	Анши капур, «С-крива», Париж, 2015 г.

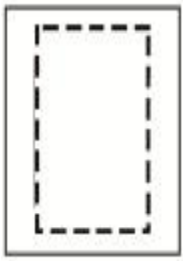
Плоскость фасада Пластика фасада	Увеличение	Павильон России на выставке ЭКСПО, Милан, арх. бюро SPEECH, 2015 г.
Структура городских пространств и архитектурных ансамблей	 Слияние	Жилой квартал в Лионе, Франция, арх. М. Фуксасс, 2010 г.

Рис. 3. Особенности применения отражающих поверхностей в пространственной среде города

Отражающие поверхности, как элементы эмоционально-эстетической организации среды

Отражающие поверхности, с учетом уровней средового пространства, также влияют на формирование эмоционально-эстетического климата среды. В процессе работы над проектом, художник подбирает конструктивные детали, материалы, цвета и т.д., суммируя архитектурные и дизайнерские средства выразительности, чтобы, в конечном итоге, создать подходящую эмоционально-эстетическую атмосферу проектируемой среды. Таким образом, отражающие поверхности могут быть процессуальной основой восприятия городской среды. Порождая идеи эмоционально-эстетической организации, складывается система разного рода впечатлений, вызывающая у человека различные эмоциональные ощущения. Комбинация отражающих поверхностей и архитектурных объемов может вызывать у человека такие контрастные чувства как печаль и радость, движение и покой, а также однонаправленные ощущения (возвышенного, парадного, праздничного). Образуется идейно-эмоциональная конструкция – образная суть городской среды. Эмоциональное восприятия среды строиться для человека некими «ярусами», где нижним ярусом будет ближнее восприятия человеческого глаза, в него входят – поверхность земли, набор средового оборудования – малые архитектурные формы, градостроительный партер. И верхний ярус, выходящий за пределы ближнего восприятия, то что возможно оценить только панорамным взглядом на городскую среду – это архитектурные ансамбли, планировочные схемы градостроительного характера. Нижний и верхний ярусы, всегда будут наслаиваться друг на друга, перекрывая или активизируя, то или иное восприятие среды, тем самым активизируя различные эмоциональные настроения зрителя [5].

Молитвенное настроение создает зеркало воды вокруг храма Покрова на Нерли;

Парадно-развлекательная атмосфера создана в архитектурном решении научного центра Бассано-дель-Граппа, Виченца, Италия архитекторы Максимилиано и Дориана Фуксас;

Деловая атмосфера жилой улицы в Лионе, Франция, арх. М. Фуксасс, образована отражающими поверхностями, располагающимися на фасадах зданий;

Созерцание летнего павильона в парке Араукано в городе Сантьяго, разработанного чилийскими архитекторами Гильермо Хевией Гарсиа и Николосом Урзуа, среди элементов природы – разноцветных полевых цветов и небольшого ручья, расположились сюрреалистические композиции, созданные при помощи отражающих поверхностей (отполированной нержавеющей стали);

Спокойную уверенную ауру создает поверхность воды, сделанная практически вровень с поверхностью земли, ведущая к грандиозному строению – дворцу Тадж-Махал в Индии;

Символ свободы творчества художника передает паблик-арт «Ballon Dog», расположенный в Нью-Йорке, создателем которого является художник Джефф Кунс;

Торжественно-трагический, визуально-эмоциональный образ хорошо передан в Мемориале Вьетнамской войны в Вашингтоне, где посетитель видит свое отражение в зеркале полированного черного гранита, на котором выбиты имена всех погибших.

Заключение

Анализ предметно-пространственной среды с применением отражающих поверхностей демонстрирует, что интеграция таких поверхностей в городской среде позволяет получать различные выразительные архитектурные композиции. Внесение отражающей поверхности в городское пространство способно либо его полностью изменить, либо активно деформировать, создавая различные художественные содержания. Отражающие поверхности тиражируют существующие компоненты городской структуры. Создают общность старой и новой архитектуры, применяя отражающие поверхности в плоскости фасада зданий, преобразовывая беспорядочное скопление в единый ритм. Отражающие поверхности способны «успокоить» высотные разночтения, что, безусловно, влияет на масштабность архитектурного объема по отношению к человеку. Отражающие поверхности в городской среде могут играть роль декоративной составляющей – арт-дизайн, облика предметного наполнения в уровне градостроительного партера, пластика фасада зданий. Часто такое применения отражающих поверхностей формирует образ среды, создавая различные эмоциональные ощущения зрителя. Таким образом, отражающие поверхности могут решать ряд комплексных проблем городской среды, ориентированной на комфортное пребывание человека в ней – улучшение ориентации человека в пространстве среды (функционально-утилитарный аспект), усиление выразительности пространственной среды (художественно-эстетический аспект), повышение ее информативности (семантический аспект). Отражающие поверхности влияют на создание современного облика городского пространства, в котором существенную роль играет специфика зрительного восприятия городской среды.

Список библиографических ссылок

1. Сабин Мельшиор-Бонне. История Зеркала. М. : Новое литературное обозрение, 2006. 456 с.
2. Глазычев В. Л. Урбанистика часть 3. М. : Европа, 2008. 172 с.
3. Михайлов С. М. Дизайн современного города: комплексная организация предметно-пространственной среды (теоретико-методологическая концепция) // disserCat : электронная библиотека диссертаций. 2011. URL: http://www.dissercat.com/content/dizain-sovremennogo-goroda-kompleksnaya-organizatsiya-predmetno-prostranstvennoi-sredy-teore (дата обращения: 26.03.2018).
4. Михайлов С. М., Михайлова А. С., Надыршин Н. М. Дизайн города: Основные этапы исторического развития // CYBERLENINKA : научная библиотека открытого доступа. 2014. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/dizayn-goroda-osnovnye-etapy-istoricheskogo-razvitiya (дата обращения: 02.04.2018).
5. Шимко В. Т. Основы дизайна и средовое проектирование. М. : Архитектура-С, 2004. 408 с.
6. Lang Jon. Urban Design: A Typology of Procedures and Products. 2003.
7. Беляева Е. Л. Архитектурно-пространственная среда города как объекта зрительного восприятия. М. : Стройиздат, 1977. 126 с.
8. Шимко В. Т., Кудряшев Н. К., Никитина Е. В., Смирнов А. В., Уткин М. Ф., Щепетков Н. И. Специфика средового творчества. М. : Архитектура-С, 2016. 253 с.
9. Линч К. Совершенная форма в градостроительстве. М. : Стройиздат, 1982. 328 с.
10. Джон Массенгале и Виктор Довер. Уличный дизайн. Нью-Джерси : John Wiley & Sons, 2014. 450 с.
11. Ян Гейл. Жизнь среди зданий. М. : Альпина Паблишер, 2012. 200 с.

Samsonova Anastasia Alexeevna
architect-designer
E-mail: stesha.94@inbox.ru
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

Visual transformation of the objectively spatial environment of the city on the basis of the properties of reflecting surfaces

Abstract

Problem statement. The article deals with reflecting surfaces integrated into the spatial environment of the city. The task is to identify the main stages in the evolution of reflecting surfaces. Denote the levels of the spatial system of the city from the point of view of the use of reflecting surfaces in it. Based on domestic and foreign practice, to analyze the techniques of visual transformation of the spatial environment of the city on the basis of the properties of reflecting surfaces and their influence on the determination of the atmosphere of the environmental solution of urban spaces.

Results. The main result of the study is the identification of the main types of visual transformation of the spatial environment of the city (multiplication, increase, fusion and deformation of architectural objects and the subject matter of the environment). Of particular importance is a brief overview of the placement of reflecting surfaces in architectural practice (integration of the plane of the earth in the plane, in the subject forms of urban design, in a separate architectural volume). Identification of the main stages of the evolution of reflecting surfaces.

Conclusions. The significance of the obtained results for the architecture consists in creating highly comfortable, emotionally saturated, actively interacting urban spaces. A variety of possibilities for integrating reflective surfaces with architectural forms and objects of urban design and visual transformation based on the basic properties of reflective surfaces.

Keywords: city, city space, object-spatial environment of the city, reflecting surfaces, integration of reflecting surfaces, visual transformation.

References

1. Sabin Melchior-Bonnet. History of the Mirror. M. : New literary review, 2006. 456 p.
2. Glazychev V. L. Urbanistics part 3. M. : Europe, 2008. 172 p.
3. Mikhailov S. M. The design of the modern city: the complex organization of the subject-spatial environment (theoretical and methodological concept) // disserCat: electronic library of dissertations. 2011. URL: http://www.dissercat.com/content/dizain-sovremennogo-goroda-kompleksnaya-organizatsiya-predmetno-prostranstvennoi-sredy-teore (reference date: 26.03.2018).
4. Mikhailov S. M., Mikhailova A. S., Nadyrshin N. M. City design: Main stages of historical development // CYBERLENINKA: open access scientific library. 2014. URL: https://cyberleninka.ru/article/v/dizayn-goroda-osnovnye-etapy-istoricheskogo-razvitiya (reference date: 02.04.2018).
5. Shimko V. T. Basics of design and environmental design. M. : Architecture-C, 2004. 408 p.
6. Lang, Jon. Urban Design: A Typology of Procedures and Products. 2003.
7. Belyaeva E. L. Architectural and spatial environment of the city as an object of visual perception. M. : Stroiizdat, 1977. 126 p.
8. Shimko V. T., Kudryashev N. K., Nikitina E. V., Smirnov A. V., Utkin M. F., Shchepetkov N. I. Specificity of environmental creativity. M. : Architecture-S, 2016. 253 p.
9. Linch K. The perfect form in town planning. M. : Stroiizdat, 1982. 328 p.
10. John Massengale and Victor Dover. Street design. New Jersey : John Wiley & Sons, 2014. 450 p.
11. Ian Gale. Life among buildings. M. : Alpina Pablisher, 2012. 200 p.

УДК 624.016 + 620.174.25

Борисова Татьяна Андреевна
инженер-проектировщик
E-mail: tanidzzze@mail.ru
ООО «Проектное бюро ИНЖЕНЕР»
Адрес организации: 142207, Россия, г. Серпухов, ул. Центральная, д. 146, оф. 5
Зиннуров Тагир Альмирович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: leongar@mail.ru
Куклин Антон Николаевич
инженер, начальник лаборатории
E-mail: antonio_1987@list.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование влияния температурного воздействия на работу стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях

Аннотация

Поставленные задачи. Изучение влияния температурного воздействия на арматурный стержень из стекловолокна, а также на несущую способность балок, армированных композитной стеклопластиковой арматурой (СПА). Подготовка рекомендаций по защите СПА в конструкции от температурного воздействия.

Результаты. Получены экспериментальные данные прочностных и деформативных характеристик СПА, результаты испытаний балок, армированных СПА, по схеме 3-х точечного изгиба, с учетом и без учета температурного воздействия, а также определён процент снижения прочности балок, армированных СПА, вследствие температурного воздействия.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности расширения области применения бетонных конструкций, армированных СПА. По итогам экспериментальных исследований проведен анализ полученных результатов и даны рекомендации по защите СПА в бетонных конструкциях от воздействия высоких температур.

Ключевые слова: стеклопластиковая композитная арматура, разрушение, модуль упругости, деформативные характеристики, предел прочности, температура.

Введение

Композитная арматура представляет собой композиционный материал, состоящий из матрицы (смолы) и армирующего волокна (ровинга). Основой данной арматуры служит множество высокопрочных непрерывных волокон. В стержень волокна объединяют полимерным связующим (матрицей), которое обеспечивает совместную работу волокон и определяет конечные физико-механические свойства получаемой арматуры. Также матрица защищает волокна от агрессивного воздействия окружающей среды.

Известные теоретические модели прогнозирования механических свойств композитных материалов основаны на сопоставлении показателей соответствующих свойств их компонентов. Как уже было сказано, композитная арматура состоит из продольно ориентированного ровинга и связующего полимера в определенном объемном соотношении [1].

Как показывают многочисленные исследования в области изучения свойств композитной арматуры [1, 2, 3], ее механические свойства зависят от ряда факторов: типа волокна; ориентации волокон относительно стрежня; формы образцов; объемного соотношения компонентов, входящих в состав арматуры; адгезии волокон с матрицей; применяемой технологии процесса производства.

Согласно ГОСТ 31938-2012 по типу непрерывного армирующего наполнителя неметаллическую композитную арматуру (АКП) подразделяют на следующие виды: стеклопластиковая (АСК); базальтопластиковая (АБК); углепластиковая (АУК); арамидопластиковая (ААК); комбинированная (АКК).

В табл. 1 [4] приведены основные физико-механические свойства различных видов арматуры.

Таблица 1

Физико-механические свойства арматуры [4]

Параметр	Стальная арматура	АСК	АБК	АУК	ААК
Номинальный предел текучести, МПа	276-517	-	-	-	-
Прочность на разрыв, МПа	483-690	500-1600	700-1800	600-3690	1720-2540
Модуль упругости, ГПа	200	35-51	55-71	120-580	41-125
Удлинение при текучести, %	0,14-0,25	-	-	-	-
Удлинение при разрушении, %	6,0-20,0	1,2-3,1	1,2-2,9	0,5-1,7	1,9-4,4

Наибольшее распространение получила стеклопластиковая арматура (АСК или СПА) из-за ряда преимуществ, таких как:

- малый вес (в 4 раза легче металлической);
- высокая прочность;
- коррозионная стойкость (механические свойства при взаимодействии с солями, кислотами и другими агрессивными веществами изменяются совсем в незначительной степени);
- относительно низкая стоимость (в сравнении с другими видами композитной арматуры);
- диэлектрические свойства (полностью сохраняет свои прочностные показатели под воздействием магнитного и электрического поля и радиоволн);
- высокие показатели упругости при малом коэффициенте относительного удлинения.

Попытки замены стали на полимеркомпозитные стержни в армировании целого ряда конструкций, эксплуатация которых связана с рисками коррозии арматуры, представляются вполне обоснованными, так как технико-экономические преимущества в этом случае очевидны [6].

Однако есть ряд существенных недостатков, ограничивающих применение данной арматуры в определенных случаях. Одним из главных недостатков СПА является недостаточная термостойкость вследствие пониженных деформативных характеристик композитной арматуры.

Несмотря на то, что стеклоткань, лежащая в основе арматуры, весьма жаропрочна, связующий пластиковый компонент высокую температуру не выдерживает. Это не делает данный материал огнеопасным – по горючести эта арматура соответствует группе Г1 – самозатухающие материалы, но при температуре, превышающей 200°С, она начинает терять свои прочностные качества. Стеклопластиковая арматура обладает относительно малой устойчивостью к пожарам: если температура достигает 600°С, арматура полностью теряет свои физико-механические свойства и выключается из работы конструкции [7].

В работе [5] были проведены теоретические и экспериментальные исследования для определения механических и упругих характеристик композитной арматуры в условиях высоких температур. В результате работы определены температурные коэффициенты влияния, учитывающие снижение прочностных и деформативных характеристик бетонных плит, армированных композитной арматурой, под воздействием различных температур. Эти данные наиболее приближены к работе конструкции в реальных условиях.

Аналогичные исследования были проведены в работе [8]. Авторы отмечают, что полученные данные могут быть использованы для теплотехнического и прочностного расчета бетонных плит, армированных композитной арматуры.

Однако, композитная стеклопластиковая арматура широко используется не только в плитных конструкциях. Композитная арматура уже нашла свое применение в конструкциях ЛЭП, мостов, дорожном строительстве, а также, с учетом высоких антикоррозийных свойств, – в конструкциях, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред [9]. Однако, все еще остро стоит проблема при применении СПА в подобного рода конструкциях, к которым предъявляются повышенные требования огнестойкости. В этих

случаях, использование для данных конструкций стеклопластиковой арматуры требует тщательного обоснования, а также дополнительной защиты от высоких температур.

Испытания арматурных стержней на разрыв

Испытания СПА на разрыв проводились в лаборатории кафедры «Автомобильные дороги, мосты и тоннели» Казанского Государственного Архитектурно-строительного университета (КГАСУ). Испытания проводились в установке, разработанной сотрудниками кафедры, моделирующей наихудшие условия эксплуатации стеклопластиковой арматуры: при непосредственном воздействии на арматуру высоких температур в сочетании с водной средой.

В качестве образцов для испытаний была выбрана СПА диаметром 6 мм. Для крепления арматуры в разрывной установке применялись специально изготовленные крепежные элементы. Для испытаний использовались образцы в виде отрезков арматуры, длиной 700 мм, закрепленных в установке, разработанной кафедрой (рис. 1).

Рис. 1. Испытания арматуры в установке

Испытания проводились при температурном воздействии для двух случаев: при постоянной температуре с постепенным увеличением нагрузки и при постоянной нагрузке с постепенным увеличением температуры.

Случай 1: Образцы испытывали под нагрузкой 500-2500 кгс на разрыв до разрушения на испытательной установке при постоянной температуре 0˚С и 50˚С. В качестве источника тепла была использована горячая вода в установке. Для постепенного контроля температуры в установке использовался нагревательный элемент с термодатчиком. Значение приложенных усилий измеряли по шкале динамометра, а результаты испытаний снимали по показаниям индикатора часового типа, установленного на арматуре. Временной интервал снятия показаний составлял от 10 минут до 1 часа.

По результатам эксперимента, для адекватного математического описания поведения композитной арматуры необходимо построить модель материала (график), которая базируется на экспериментально полученных механических характеристиках [10].

Экспериментальные данные на разрыв арматуры представлены на графике изменения величины перемещений при изменении нагрузки при постоянной температуре 0˚С и 50˚С (рис. 2).

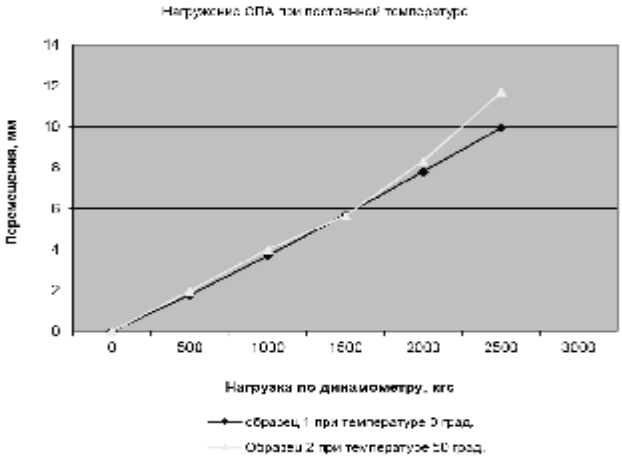


Рис. 2. График изменения величины деформации при изменении нагрузки при постоянной температуре 0˚С и 50˚С

Случай 2: Образцы испытывали под постоянной нагрузкой 500 кгс и 1000 кгс на разрыв до разрушения на испытательной установке, при этом производилось постепенное увеличение температуры в интервале от 20˚С до 80˚С. В качестве источника тепла была использована горячая вода в установке. Для постепенного повышения температуры в установке использовался нагревательный элемент с термодатчиком. Значение приложенных усилий измеряли по шкале динамометра, а результаты испытаний снимали по показаниям индикатора часового типа, установленного на арматуре. Временной интервал снятия показаний составлял от 10 минут до 1 часа.

Экспериментальные данные на разрыв арматуры представлены на графике изменения величины деформаций при изменении температуры при постоянной нагрузке 500 кгс и 1000 кгс (рис. 3).

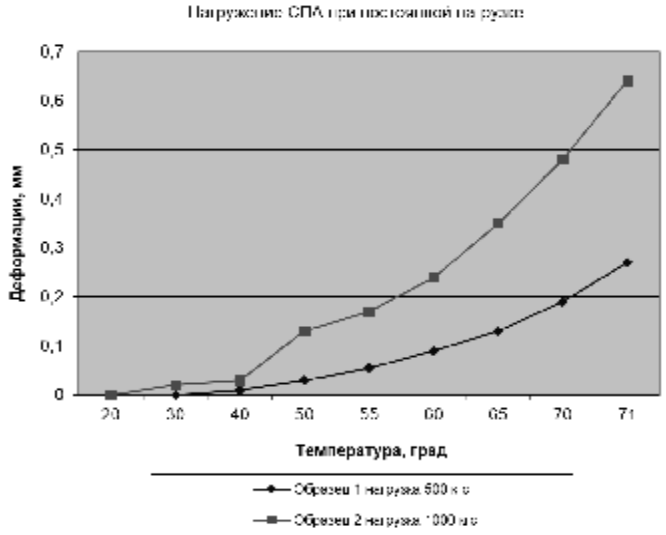


Рис. 3. График изменения величины деформаций при изменении температуры при постоянной нагрузке 500 кгс и 1000 кгс

Испытания бетонных балок, армированных стеклопластиковой арматурой

В качестве образцов для испытаний использовались балки сечением 60×80 (h) мм из бетона В30, армированных СПА с диаметром стержней рабочей арматуры 6 мм и защитным слоем 20 мм. Расчетный пролет балок 700 мм.

Испытания проводились по схеме 3-х точечного изгиба для двух случаев: без предварительного нагрева балок, и с предварительным нагревом температурой 80˚С. Схема приложения нагрузки для 3-х точечного изгиба показана на рис. 4.

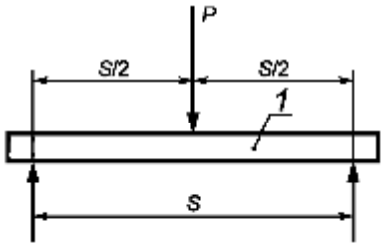


Рис. 4. Схема приложения нагрузки при 3-х точечном изгибе:
1 – образец; *P* – нагрузка; *S* – длина пролета

Метод испытания основан на анализе термомеханической диаграммы, полученной при испытании образца на поперечный трехточечный изгиб до заданного значения прогиба. На рис. 5-6 представлены графики изменения величины прогиба от величины нагрузки без учета и с учетом предварительного воздействия температуры.

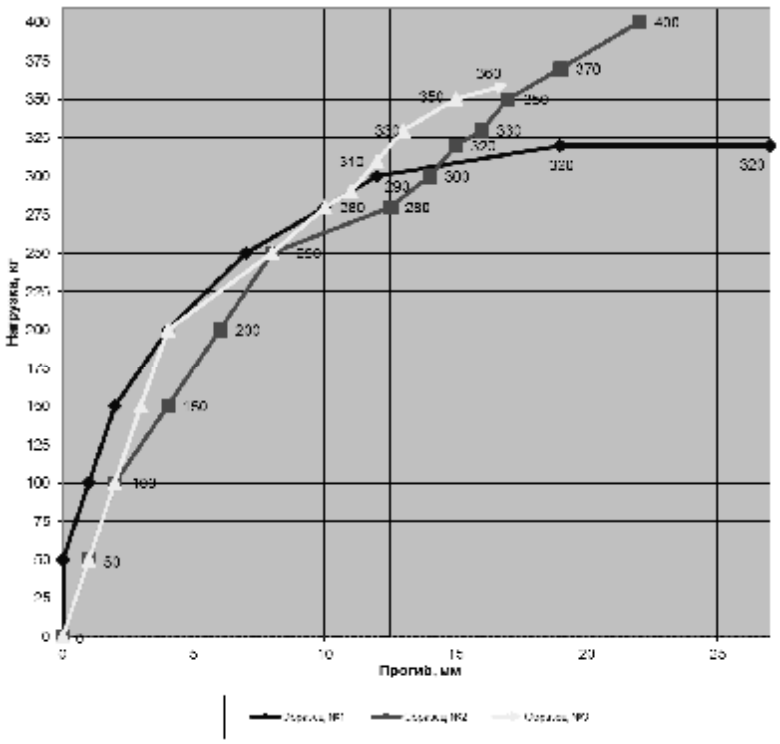


Рис. 5. График изменения величины прогиба от величины нагрузки
без предварительного воздействия температуры

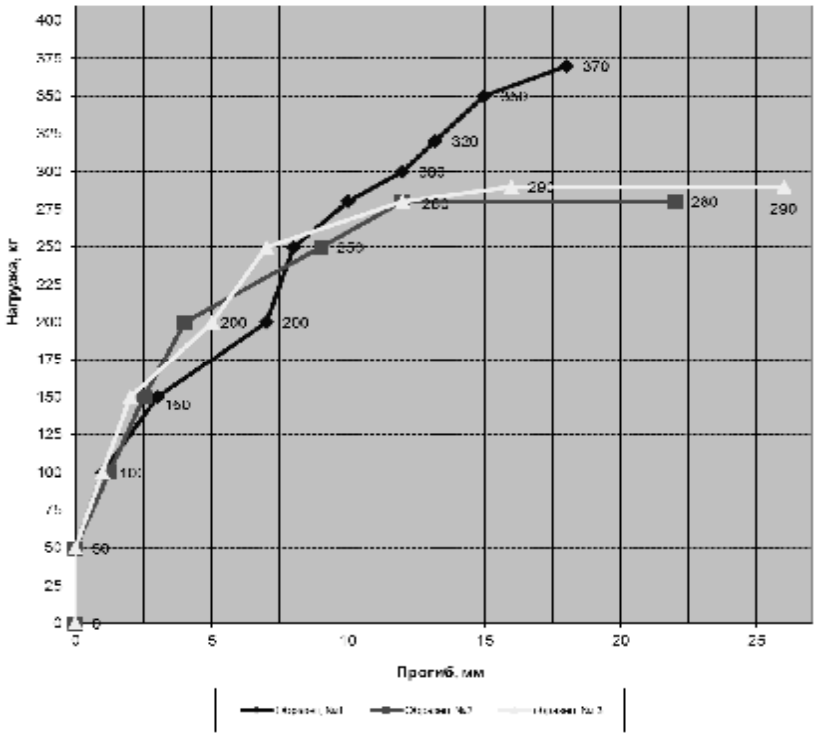


Рис. 6. График изменения величины прогиба от величины нагрузки
с учетом предварительного воздействия температуры

Для определения снижения прочности (в %) образца, подверженного воздействию температуры, необходимо найти среднее значение предела прочности в обоих случаях:

$$s_0 = \frac{F_{\max}^{\text{ср}}}{A_6} = \frac{(360+400+320)/3}{0{,}2827 \times 2} = 2546{,}87 \text{ кгс/см}^2 = 250 \text{ МПа},$$

$$s_{80} = \frac{F_{max}^{cp}}{A_6} = \frac{(370+280+290)/3}{0,2827 \times 2} = 2216,72 \text{ кгс/см}^2 = 217,4 \text{ МПа},$$

$$D = \frac{s_0 - s_{80}}{s_0} = \frac{250 - 217,4}{250} \times 100\ \% = 13\ \%.$$

Анализ результатов

В ходе проведенных исследований влияния температуры на стержни СПА было выявлено, что при температуре от 0˚С до 50˚С прочностные и деформативные характеристики изменяются в малых диапазонах: перемещения не более 2 мм при нагрузке 2500 кгс. Это объясняется тем, что модуль упругости композитной арматуры определяется модулем упругости стекловолокна и практически не изменяется до температуры, соответствующей температуре размягчения стекла [5]. При этом, при достижении арматуры 70˚С и увеличении нагрузки в 2 раза, значения деформаций так же отличаются в 2 раза. В работе [11] отмечается, что коэффициенты температурного расширения бетона и полимерного композитного материала, из которого изготовлена СПА, различаются, в отличии от железобетонных конструкций, где коэффициенты температурного расширения бетона и арматуры близки. Это дает основание полагать, что при дальнейшем увеличении температуры будет происходить увеличение деформаций в некоторой прогрессии.

В работах [12, 13] проведены исследования долговечности композиционных материалов с учетом перепадов температуры. Авторы выявили, что при увеличении предварительной деформации, вызванной воздействием нагрузки на конструкцию, влияние перепада температуры усиливается. Например, если предварительная деформация равна 1 %, то долговечность падает на 22 %, если она составляет 5 %, то долговечность падает до 33 %, если предварительная деформация составит 7 %, долговечность падает на 49 %.

Следовательно, снижение и ограничение постоянной и временной нагрузки, приводящих к увеличению предварительных деформаций в конструкциях, армированных СПА и подверженных воздействию высоких температур и влажности, имеет высокую целесообразность, так как это может дать дополнительный запас до достижения конструкцией предельных деформаций, а также увеличение долговечности конструкции.

При испытаниях балок по схеме 3-х точечного изгиба, армированных СПА, было выявлено, что предел прочности для балки с защитным слоем 20 мм без предварительного воздействия температуры (в нормальных условиях) и балки, подверженной предварительному воздействию температуры 80˚С, отличается на 13 процентов. При увеличении. значения температуры, сопротивление образца изгибу снижается. Такой результат появляется. вследствие того, что снижается сопротивление полимерной. матрицы. композита. сдвиговым. напряжениям, возникающим. в коротком. изогнутом образце. Данный результат вполне ожидаемый, так как температура начала размягчения матрицы из ПЭТФ стеклопластиковой арматуры составляет 160-180˚С [5]. Следовательно, образец, не подверженный предварительному воздействию температуры, выдерживает большее значение нагрузки, чем предварительно нагретый образец, при одинаковом значении прогиба.

Для временного снижения воздействия температуры на СПА в балке, а также увеличения времени сопротивления балки разрушению, возможным решением будет увеличение толщины защитного слоя бетона. Согласно рекомендациям СТО 36554501-006-2006, для обеспечения температуры нагрева металлической арматуры не более 450˚С при средней длительности пожара 90 минут, защитный слой должен составлять не менее 35 мм. Интерполируя, получаем, что для обеспечения температуры нагрева СПА не более 150˚С при средней длительности пожара 90 минут, защитный слой должен составлять не менее 105 мм. Таким образом, с одной стороны, данным способом удалось обеспечить огнестойкость конструкции с армированием СПА при длительном воздействии высоких температур. С другой стороны, как отмечалось ранее, негативным фактором сказалось значительное увеличение постоянной нагрузки. К тому же, такая толщина защитного слоя бетона нерациональна по расходу материала.

В данном случае, наиболее рациональным будет использование огнезащитных красок и штукатурных составов при средней толщине защитного слоя бетона - 60 мм.

Принцип работы данных составов основан на свойстве защитного покрытия увеличиваться в объеме при нагревании в 10-40 раз. Также, в момент расширения, огнезащитный состав по бетону выделяет определенное количество инертного газа и воды. Таким образом, при средней толщине огнезащитного покрытия 5 мм будет обеспечен нагрев СПА в конструкции не более 150˚С.

Заключение

В результате проведенных испытаний композитных стержней СПА на разрыв при температурном воздействии для двух случаев: при постоянной температуре с постепенным увеличением нагрузки и при постоянной нагрузке с постепенным увеличением температуры по полученным данным были построены и проанализированы графики поведения композитной арматуры под нагрузкой, учитывающие температурное влияние на ее механические и упругие характеристики. Выявлено, что при температуре от 0˚С до 50˚С прочностные и деформативные характеристики изменяются в малых диапазонах: перемещения не более 2 мм при нагрузке 2500 кгс, а при увеличении температуры свыше 70˚С величина приложенной нагрузки значительно влияет на деформативность арматуры вследствие различных коэффициентов температурного расширения бетона и полимерного композитного материала, в связи с чем рекомендуется снижение и ограничение постоянной и временной нагрузки в конструкциях, подверженных воздействию высоких температур и влажности.

Дополнительно проведены испытания бетонных балок, армированных СПА. Испытания проводились по схеме 3-х точечного изгиба для двух случаев: без предварительного нагрева балок, и с предварительным нагревом температурой 80˚С. В результате испытаний процент снижения прочности конструкции, подверженной температурному воздействию, по сравнению с конструкцией, испытываемой в нормальных условиях, составил 13 процентов. Полученные результаты показывают, что конструкции, армированные СПА и подверженные воздействию высоких температур, требуют дополнительных мероприятий по их защите.

Предложены следующие возможные мероприятия для защиты СПА в конструкции от воздействия высоких температур, при которых будет обеспечен нагрев стеклопластиковой арматуры не более 150˚С при средней длительности пожара 90 минут:

1. снижение постоянных и временных нагрузок на конструкцию;
2. увеличение защитного слоя бетона до 60 мм;
3. использование огнезащитных красок и составов при средней толщине огнезащитного покрытия 5 мм.

Список библиографических ссылок

1. Willam K. J., Warnke E. D. Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete // International Association for Bridge and Structural Engineering. 1974. № 19. P. 174–204.
2. Kravchenko O. G., Qian X., Kravchenko S. G., Misiego R., Pipes R. P., Manas-Zloczower I. Role of hierarchical morphology of helical carbon nanotube bundles on thermal expansion of polymer nanocomposites // Journal of Materials Research. 2017. № 32 (14). P. 2738–2746.
3. Patel A., Kravchenko O. G., Manas-Zloczower I. Effect of Curing Rate on the Microstructure and Macroscopic Properties of Epoxy Fiberglass Composites // Polymers. 2018. № 10 (2). P. 125–136.
4. Уманский А. М. Совершенствование методов расчета конструкций морских гидротехнических сооружений из композитбетона с использованием базальтопластиковой арматуры: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. ФГАОУ ВПО ДВФУ, Владивосток, 2017. 173 с.
5. Ширко А. В., Камлюк А. Н., Спиглазов А. В., Дробыш А. С. Определение механических свойств композитной арматуры с учетом температурного воздействия // Механика машин, механизмов и материалов. 2015. № 2 (31). С. 59–65.
6. Хозин В. Г., Гиздатуллин А. Р., Куклин А. Н. Полимеркомпозитная арматура в сборных дорожных плитах: сборник докладов научно-технической конференции

«Актуальные вопросы теории и практики применения композитной арматуры в строительстве» / ИжГТУ. Ижевск, 2015. С. 14–24.
7. Будко А. А., Потехин А. А., Акопян А. А. Композитная арматура, достоинства и недостатки, сравнение с традиционной стальной арматурой : сб. ст. III Международной научно-практической конференции «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития» / ЮРГПУ(НПИ). Волгоград, 2016. С. 148–152.
8. Камлюк А. Н., Ширко А. В., Спиглазов А. В., Дробыш А. С. Влияние теплового воздействия пожара на механические свойства композитной арматуры // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2015. № 2 (22). С. 4–11.
9. Уманский А. М., Беккер А. Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник инженерной школы ДВФУ. 2012. № 2 (11). С. 7–14.
10. Кудряшов В. А., Дробыш А. С., Соловьянчик А. М. Результаты экспериментальных исследований огнестойкости полимерных композитных материалов, армированных стекловолокном // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2015. № 1 (21). С. 17–24.
11. 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. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN416.pdf (дата обращения: 05.04.2018).
12. Мухамедова И. З., Каюмов Р. А. Оценка долговечности пленочно-тканевых композитных материалов с учетом перепадов температуры // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 15. С. 101–104.
13. Muhamedova I. Z., Kayumov R. A., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and- fabric composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // Materials Science and Engineering. 2016. № 11. P. 158–166.

Borisova Tatiana Andreevna
project engineer
E-mail: tanidzzze@mail.ru
LTD «Project office ENGINEER»
The organization address: 142207, Russia, Serpukhov, Tsentralnaya st., 146, of. 5
Zinnurov Tagir Almirovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: leongar@mail.ru
Kuklin Anton Nikolaevich
engineer, head of laboratory
E-mail: antonio_1987@list.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Investigation of the influence of temperature impact on the work of fiberglass reinforcement in concrete structures

Abstract

Problem statement. To study the effect of temperature on the reinforcement rod made of fiberglass, as well as on the bearing capacity of beams reinforced with fiberglass composite rebar (FCR). Preparation of recommendations for the protection of the FCR in the structure from thermal effects.

Results. The experimental data of strength and deformation characteristics of FCR, the results of tests of beams reinforced with FCR, according to the scheme of 3-point bending, taking into account and without taking into account the thermal effects, as well as the percentage of decrease in the strength of beams reinforced with FCR, due to heat treatment.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the possibility of expanding the scope of application of concrete structures reinforced with FCR. Based on the results of experimental studies, the analysis of the results obtained and recommendations for the protection of FCR in concrete structures from high temperatures were given

Keywords: fiberglass composite rebar, fracture, elastic modulus, deformation characteristics, tensile strength, temperature.

References

1. Willam K. J., Warnke E. D. Constitutive Model for the Triaxial Behavior of Concrete // International Association for Bridge and Structural Engineering. 1974. № 19. P. 174–204.
2. Kravchenko O. G., Qian X., Kravchenko S. G., Misiego R., Pipes R. P., Manas-Zloczower I. Role of hierarchical morphology of helical carbon nanotube bundles on thermal expansion of polymer nanocomposites // Journal of Materials Research. 2017. № 32 (14). P. 2738–2746.
3. Patel A., Kravchenko O. G., Manas-Zloczower I. Effect of Curing Rate on the Microstructure and Macroscopic Properties of Epoxy Fiberglass Composites // Polymers. 2018. № 10 (2). P. 125–136.
4. Uman, A. M. Improvement of methods of calculation of structures of marine hydraulic structures of composition using basalt rebar: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. FEFU, Vladivostok, 2017. 173 p.
5. Shirko A. V., Kamluk A. N., Spiglazov A. V., Drobysh S. A. Determination of mechanical properties of composite reinforcement taking into account temperature effects // Mechanics of machines, mechanisms and materials. 2015. № 2 (31). P. 59–65.
6. Khozin V. G., Gizatullin, A. R., Kuklin A. N. Polymer composite rebar in prefabricated road slabs: proceedings of scientific and technical conference: «Topical issues of theory and practice of composite reinforcement in construction» / Kalashnikov ISTU. Izhevsk, 2015. P. 14–24.
7. Budko A. A., Potekhin A. A., Hakobyan A. A. Composite reinforcement, advantages and disadvantages, comparison with traditional steel reinforcement : dig. of art. III International scientific-practical conference «Engineering science: trends, prospects and technology development» / SRSPU (NPI). Volgograd, 2016. P. 148–152.
8. Kamluk A. N., Shirko A. V., Spiglazov A. V., Drobysh S. A. Influence of fire thermal influence on mechanical properties of composite rebar // Vestnik of the University of Civil Protection of the MES of Belarus. 2015. № 2 (22). P. 4–11.
9. Uman, A. M., Becker A. T. Prospects of application of composite reinforcement // FEFU: School of Engineering Bulletin. 2012. № 2 (11). P. 7–14.
10. Kudryashov V. A., Drobysh A. S., Solovyanchik A. M. Results of experimental studies of fire resistance of polymer composite materials reinforced with glass fiber // Vestnik of the University of Civil Protection of the MES of Belarus. 2015. № 1 (21). P. 17–24.
11. Ovchinnikov I. I., Ovchinnikov I. G., Chesnokov G. V., Mikhaldykin Ye. S. The analysis of experimental researches on strengthening of reinforced concrete designs polymeric composite materials. Part 2. Temperature influence // Internet-journal «Sociology of Science». 2016. Vol. 8, № 4. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN416.pdf (reference date: 05.04.2018).
12. Muhamedova I. Z., Kayumov R. A. Estimation of durability of film and fabric composite materials taking into account temperature differences // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2017. № 15. P. 101–104.
13. Muhamedova I. Z., Kayumov R. A., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and- fabric composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // Materials Science and Engineering. 2016. № 11. P. 158–166.

УДК 624.012.
Замалиев Фарит Сахапович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Биккинин Эмиль Гатович
аспирант
E-mail: bekkan91@gmail.com
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Численные исследования самонапряжения сталежелезобетонной балки

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – использовать внутреннее напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонной балки для ее самонапряжения.

Поставлена задача на основе анализа напряженного состояния балки при усадке бетона путем введения временных опор в пролетной зоне балки создать преднапряженную балку на действие эксплуатационных нагрузок (при снятой временной опоре). Записать выражения внутренних усилий (моментов и других внутренних сил) для составного сечения, а также провести численные эксперименты по анализу процесса самонапряжения балки.

Результаты. Основные результаты исследований состоят в выявлении ряда принципиальных положений напряженно-деформированного состояния самонапряженной сталежелезобетонной балки и оценка численных результатов исследований балки без преднапряжения и самонапряжением.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в выявлении напряженного состояния балки составного сечения от усадки бетона и использование внутренних напряжений для самонапряжения балки. Полученные зависимости могут быть использованы при сооружении балочных конструкций составного сечения в новом строительстве и при восстановлении перекрытий зданий архитектурного наследия.

Ключевые слова: сталежелезобетонная балка, напряженное состояние, самонапряжение, усадка бетона, прогибы и напряжения.

Введение

Преднапряжение в железобетонных и металлических конструкциях нашло достойное применение, а в сталежелезобетонных конструкциях пока не нашло такого распространения, хотя из литературы известны эпизодичные использования преднапряжения. Применение предварительного напряжения в металлических конструкциях позволяет уменьшить деформативность и расход металла, в железобетонных конструкциях, улучшает трещиностойкость, повышает эффективность использования высокопрочной арматуры.

Выявление напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонной балки от усадки и использование его для самонапряжения является актуальной задачей. В статье приведены методика, модели расчета сталежелезобетонной балки, состоящего из стальных ребер-балок и бетонного верхнего пояса, даются аналитические выражения для расчета сталежелезобетонной балки описанного сечения.

В сталежелезобетонной балке, благодаря наличию жесткой стальной арматуры (двутавра), как основного составляющего сечения при усадке бетона возникает внутреннее напряженное состояние, а при подведении временных опор в пролетной зоне при твердении бетона фиксируется внутреннее напряженно-деформированное состояние, создавая самонапряженную конструкцию.

Обзор литературы

Труды исследователей в основном посвящены исследованиям сталежелезобетонных конструкций со стальным профнастилом или со сборными железобетонными плитами [1-4]. В зарубежных изданиях исследования посвящены

выявлению напряженного состояния и статических сил составных сталежелезобетонных сечений [5-9, 20]. В последние годы появились исследования отражающие поведение сталежелезобетонных преднапряженных конструкций [10-12].

Роспатентом выданы новые патенты на преднапряженные сталежелезобетонные балки [13-17]. В этих патентах реализованы как новые идеи непосредственного преднапряжения балок сталежелезобетонного сечения, так и идеи создания преднапряженных сталежелезобетонных изгибаемых балок через преднапряжение металлических профилей с последующим их обетонированием. Идея создания самонапряженной конструкции реализована в патенте РФ № 177801 путем применения бетона на расширяющемся цементе и неметаллической арматуры [18].

В балочных пролетных строениях мостов искусственное регулирование внутренних усилий для улучшения работоспособности сталежелезобетонных конструкций применяется с 60-х годов XX столетия, нашедшее отражение в диссертационных работах и статьях [19].

Исследования

Анализ теоретическим и экспериментальных исследований преднапряженных сталежелезобетонных балок [10,12], принципы регулирования внутренних усилий в сталежелезобетонных балочных строениях мостов [19] позволили выявить определенные закономерности в оценке их поведения и напряженно-деформированного состояния, а также нацелили на поиск рациональных путей создания самонапряженного сталежелезобетонного изгибаемого элемента. Самонапряженная сталежелезобетонная балка наряду с изолированным ее применением, с тем же успехом может использоваться как ребра сталежелезобетонного перекрытия.

Определяем внутренние силовые факторы в сталежелезобетонной балке, состоящей из бетонной плиты и стальной балки-ребра (рис. 1).

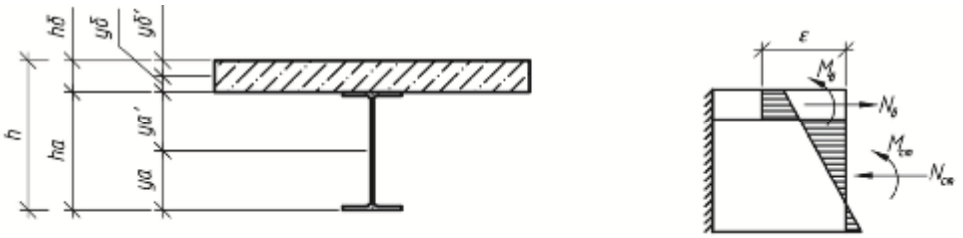


Рис. 1 Поперечное сечение, эпюра напряжений, внутренние усилия

Напряжения от усадки бетона:

$$\sigma_{shr} = \varepsilon_{shr} E \left(\frac{A_{st}}{A_{stb,shr}} + \frac{S_{shr}}{I_{stb,shr}} \times z - \nu_{shr} \right) \quad (1)$$

Внутренние продольные усилия в бетоне и стальном профиле:

$$N_б = \left(\sigma'_б \times y'_б + \sigma_б \times y'_б \right) \times \frac{F_б}{h_б}, \quad (2)$$

$$N_a = \left(\sigma'_a \times y'_a + \sigma_a \times y'_a \right) \times \frac{F_a}{h_a}. \quad (3)$$

Внутренние моменты в бетонной плите и стальной балке:

$$M_б = \left(\sigma'_б - \sigma_б \right) \times \frac{I_б}{h_б}, \quad (4)$$

$$M_a = \left(\sigma'_a - \sigma_a \right) \times \frac{I_a}{h_a}. \quad (5)$$

Результирующий момент в составной балке от усадки бетона:

$$m = N_б \cdot y_б + M_б = N_a \cdot y_a + M_a. \quad (6)$$

В середине пролета балки ставим временную опору-подпорку, которую снимаем после стабилизации процесса усадки бетона (примерно через две недели).

Решение уравнений при изменении статической схемы балки (превращение ее из однопролетной в двухпролетную) производим методом сил (рис. 2).

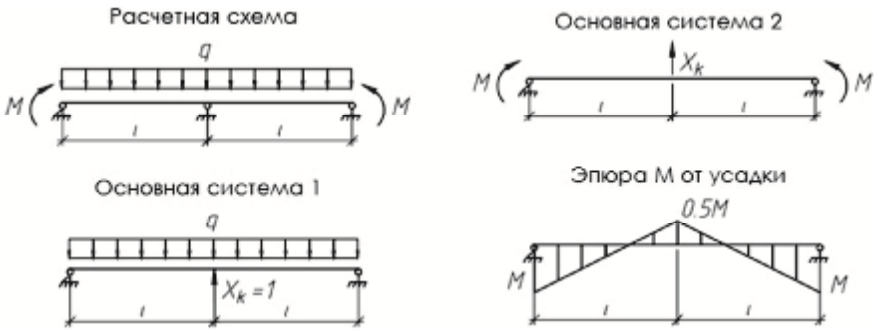


Рис. 2. Расчетные схемы и эпюра моментов

$$\Delta_{ip}^{t_m} = \int \frac{M_i \cdot \left(M_p^{t_m} - M_p^{t_{m-1}}\right) dl}{EI} + \int N_i \cdot \left(e_y - \frac{\left(N_p^{t_m} - N_p^{t_{m-1}}\right)}{EI} dl\right), \quad (7)$$

$$\delta_{ik}^{t_m} = \int \frac{M_i \cdot M_k \, dl}{EI}, \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^{n} \Delta X_k^{t_m} \cdot \delta_{ik}^{t_m} + \Delta_{ip}^{t_m} = 0. \quad (9)$$

Результирующая эпюра моментов от усадки бетона полки представлена на рис. 2 г

Постадийное распределение моментов от стадии монтажа стальной балки, укладки бетонной смеси, процесса усадки до стадии снятия временной опоры представлено на рис. 3.

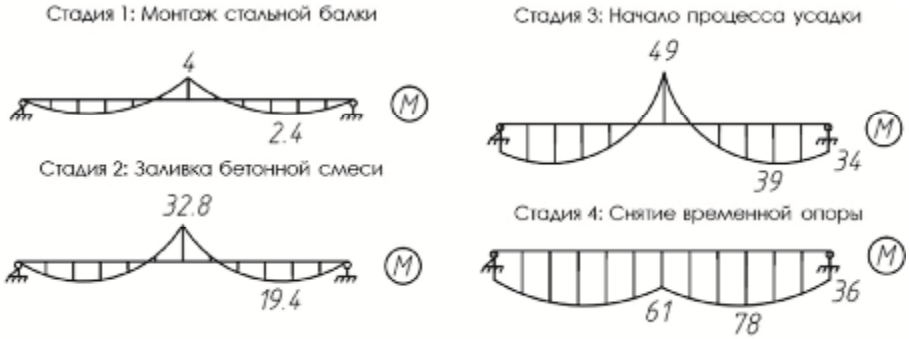


Рис. 3. Постадийное распределение моментов

Для оценки результатов аналитического расчета на основе метода сил выполнены численные исследования в расчетном комплексе Midas Civil 2018, позволяющий моделировать объемные усадочные явления в составе сталежелезобетонных конструкций. Решение поставленной задачи в данной программе осуществляется в несколько этапов: 1) Устанавливается тип решаемой задачи (МДТТ) с настройкой программы под диаграммы деформирования принятых материалов; 2) Задаются типы конечного элемента основной СТЖБ балки и временной средней опоры; 3) Задаются свойства бетона, зависящие от времени (ползучесть, усадка) согласно рекомендациям НИИЖБ Госстроя СССР; 4) Моделируются постадийный монтаж комбинированной балки с включением в работу бетонной части и снятием временной опоры после окончания усадочных процессов.

Выполненные численные исследования на базе программного комплекса Midas Civil 2018 позволили выявить общую картину напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонной балки (рис. 4-10).

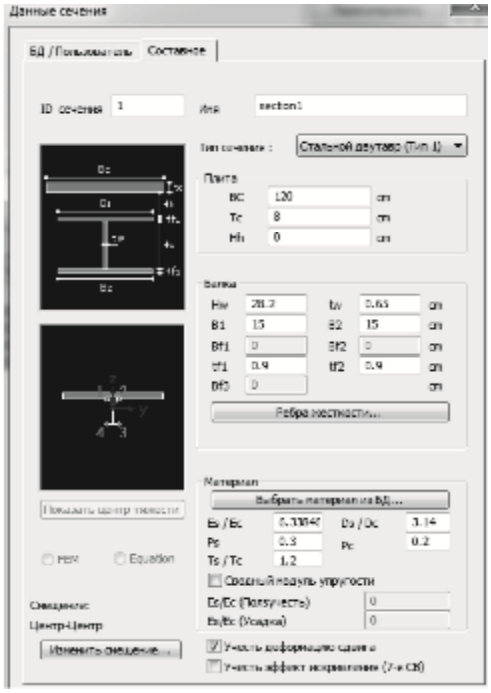


Рис. 4. Создание 3D-модели

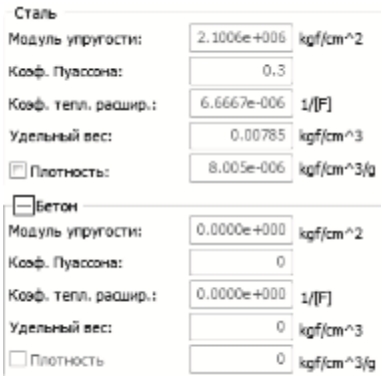


Рис. 5. Задание свойств материалов

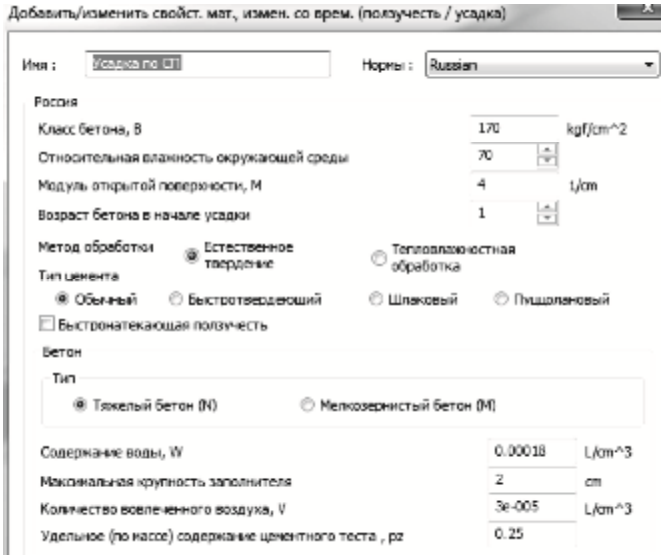


Рис. 6. Задание типа бетона

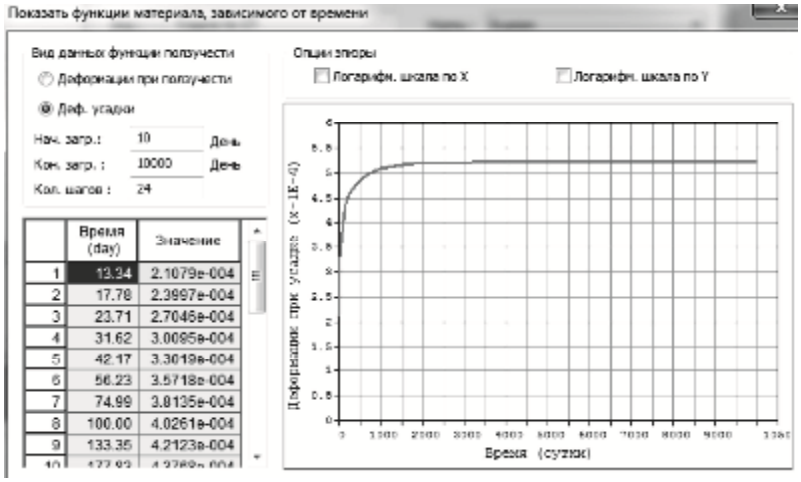


Рис. 7. Задание кривой усадки

Рис. 8. Задание стадий монтажа

Рис. 9. Задание времени включения плиты в работу

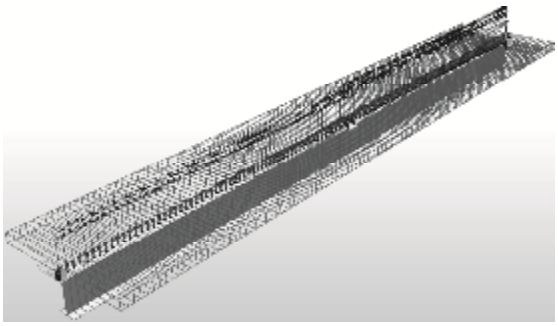
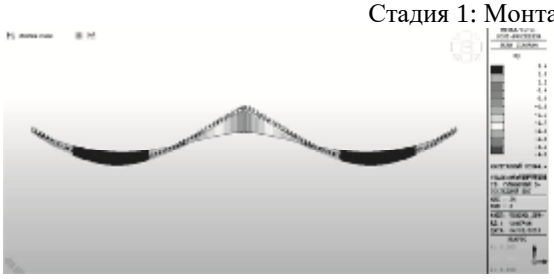


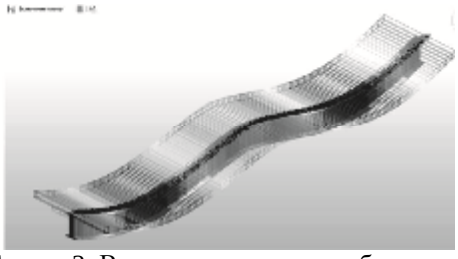
Рис. 10. Задание граничных условий

Постадийное распределение моментов, стадия включения плиты в работу, напряженно-деформированные состояния балки представлены на рис. 11.

Стадия 1: Монтаж стальной балки

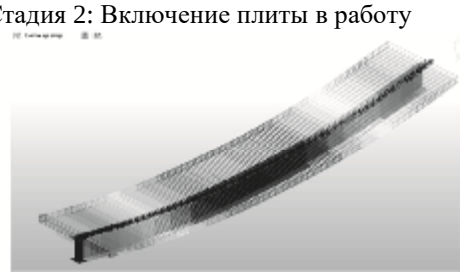


Эпюра М для стадии 1

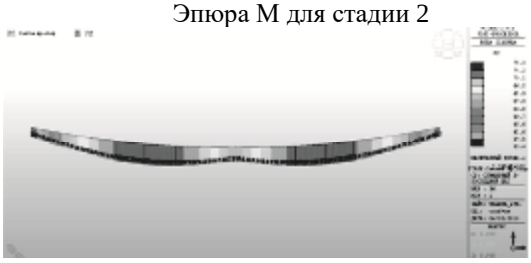


Стадия 2: Включение плиты в работу

Эпюра М для стадии 2



Стадия 3: Снятие временной опоры

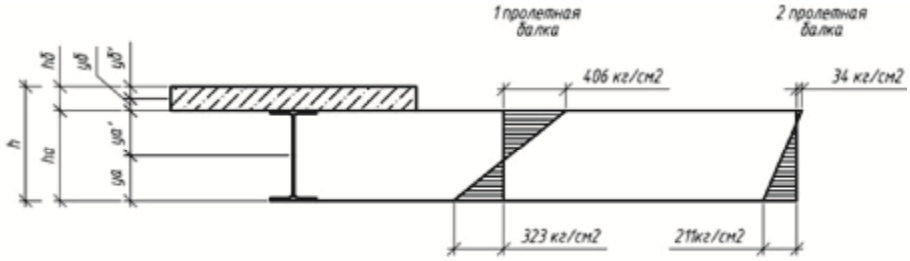


Эпюра М для стадии 3

Эпюра М для стадии 3
для однопролетной балки

Рис. 11. Результаты численных исследований в Midas Civil

Результаты сопоставительных расчетов приведены в табл., а эпюры напряжений и моментов на рис. 12.



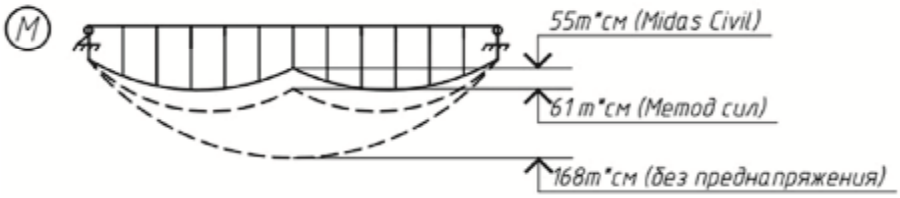


Рис. 12. Поперечное сечение, эпюры напряжений и моментов

Таблица

Сравнение результатов расчетов

Проверки/методы	Метод сил	MidasCivil	Погрешность
Пролетный момент от постоянных нагрузок	32,8	32,9	<1 %
Пролетный момент от усадки	17	17,2	<1 %
Опорный момент от усадки	34	33,8	<1 %
Продольная сила сжатия от усадки	5,6	6,13	9 %
Конечный пролетный момент от комбинации загружений	61	55	9,80 %

Заключение

1. Исследовано постадийное напряженно-деформированное состояние (НДС) сталежелезобетонной балки от стадии монтажа с временной подпоркой, укладки и твердения бетона до стадии снятия подпорки.

2. Использовано внутреннее напряженно-деформированного состояния балки бетона для ее самонапряжения. Записаны аналитические выражения внутренних усилий.

3. Проведены расчеты аналитическим методом на основе метода сил и численными исследованиями на основе ПК MidasCivil. Расхождения в расчетах не превышают 1-9,8 %.

4. Использование самонапряжения в сталежелезобетонной балке приводит к уменьшению:

а) значения доэксплуатационного изгибаемого момента в 2,15 раза (168:78=2,15);

б) напряжения в растянутом поясе профиля в 1,5 раза (323:211=1,5);

в) напряжения в сжатом поясе профиля в 11,9 раза (406:34=11,9).

Список библиографических ссылок

1. Айрумян Э. Л., Каменщиков Н. И., Румянцева И. А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных покрытий по профилированному стальному настилу // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 21–26.
2. Туснин А. Р. Перекрытия многоэтажных зданий со стальным каркасом // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 10–14.
3. Туснин А. Р., Коляго А. А. Конструкция и работа сталежелезобетонного перекрытия с использованием сборных пустотных железобетонных плит // Современная наука и инновации. 2016. № 3. С. 141–147.
4. Астахов И. В., Кузнецов А. Ю., Морозова Д. В. Исследование работы сталежелезобетонных конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 3 (62). С. 15–20.
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in compressed bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on strength and serviceability of reinforced and steel fibre reinforced concrete (SFRC) continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behaviour and design of composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Замалиев Ф. С. К оценке напряженного состояния преднапряженных сталежелезобетонных балок // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 87–98.

11. Замалиев Ф. С. К оценке прочности сталежелезобетонного перекрытия с преднапряженными балками и плитой // Известия КГАСУ. 2018. № 1 (43). С. 120–129.
12. Замалиев Ф. С. Численные и натурные эксперименты преднапряженных сталежелезобетонных балок // Вестник МГСУ. 2018. Т. 3. № 3 (114). С. 309–321.
13. Сталебетонная преднапряженная балка : пат. 155802 Рос. Федерация. № 2014152337 ; заявл. 23.12.14 ; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. 2 с.
14. Преднапряженная сталебетонная балка : пат. 155488 Рос. Федерация. № 2015102306 ; заявл. 26.01.15 ; опубл. 10.10.15, Бюл. № 28. 2 с.
15. Сталежелезобетонная преднапряженная балка : пат. 165473 Рос. Федерация. № 2016114023 ; заявл. 11.04.16 ; опубл. 20.10.16, Бюл. № 29. 2 с.
16. Преднапряженная стальная обетонированная балка: пат. 172515 Рос. Федерация № 2017112142/03 ; заявл. 10.04.2017 ; опубл. 11.07.17, Бюл. № 20. 2 с.
17. Преднапряженная сталебетонная балка: пат. 174326 Рос. Федерация № 2017101736/03 ; заявл. 19.01.2017 ; опубл. 11.10.17, Бюл. № 29. 2 с.
18. Самонапряженное деревобетонное перекрытие : пат. 177801 Рос. Федерация. № 2017126964 ; заявл. 26.07.17 ; опубл. 13.03.18, Бюл. № 8. 2 с.
19. Белуцкий И. Ю. Совершенствование методов расчета и оценки работоспособности эксплуатируемых сталежелезобетонных пролетных строений. Хабаровск, 2004. 37 с.
20. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 V. 158 010250.

Zamaliev Farit Sakhapovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: zamaliev49@mail.ru
Bikkinin Emil Gatovich
post-graduate student
E-mail: bekkan91@gmail.com
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Numerical studies of self-stressing of composite beams

Abstract

Problem statement. The main purpose of the investigation is to use the internal stressed-deformed state of the steel-concrete composite beam for self-stressing.

Solved the problem of prestressing a composite steel beam with the account of shrinkage of concrete and the introduction of a temporary support on the effect of operational loads (temporary support removed). Expressions of internal forces (moments and other internal forces) for the composite section are recorded, and numerical experiments on the analysis of the self-stressing process of the beam are carried out.

Results. The main results of the investigations consist the identification of a number of principal positions of the stress-strain state of the self-stressed steel-concrete composite beam and the evaluation of numerical results of beam research without prestressing and self-stressing.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to identify the stressed state of the beam of the composite section from the shrinkage of concrete with of internal stresses for self-stressing the beam. The obtained dependences can be used in the construction of beam structures of the composite section in new construction and in the restoration of the floors of architectural heritage buildings.

Keywords: steel-concrete composite beam, stressed state, self-stressed structures, shrinkage, deflection and tension.

References

1. Ayrumyan E. L., Kamenshchikov N. I., Rumiantseva I. A. Features of the calculation of monolithic slabs of steel-reinforced concrete coatings on profiled steel flooring // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2015. № 9. P. 21–26.
2. Tusnin A. R. Overlapping multi-storey buildings with a steel frame // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2015. № 8. P. 10–14.
3. Tusnin A. R., Kolyago A. A. Construction and work of composite slabs using precast hollow reinforced concrete slabs // Sovremennaya nauka i innovatsii. 2016. № 3. P. 141–147.
4. Astakhov I. V., Kuznetsov A. Y., Morozova D. V. Investigation of the work of steel-reinforced concrete constructions // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. № 3 (62). P. 15–20.
5. Hadzalic E., Barucija K. Concrete shrinkage effects in a composite beam // Construction of unique buildings and structures, 2014. № 11 (26). P. 85–93.
6. Champenoy D., Corfdir A., Corfdir P. Calculating the critical buckling force in the bottom flanges of steel-concrete composite bridges // European Journal of Environmental and Civil Engineering. 2014. № 18 (3). P. 271–292.
7. Gholamhoseini A., Khanlou A., MacRae G., Scott A., Hicks S., Leon R. An experimental study on the strength and serviceability of reinforced and steel fiber reinforced concrete (SFRC) for continuous composite slabs // Engineering Structures. 2016. № 114 (1). P. 171–180.
8. Vasdravellis G., Uy B., Tan E. L., Kirkland B. Behavior and design of the composite beams subjected to sagging bending and axial compression Original Research // Journal of Constructional Steel Research. 2015. № 110. P. 29–39.
9. BSI (2010) BS 5950-3.1.A1. Structural use of steelwork in buildings. Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams. BSI, London.
10. Zamaliev F. S., Estimation of the stressed state of prestressed steel-reinforced concrete beams // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 87–98.
11. Zamaliev F. S., Strength of composite steel slab with prestressed beams and slab // Izvestiya KGASU. 2018. № 1 (43). P. 120–129.
12. Zamaliev F. S., Numerical and nuclear experiments of intensified steel – concrete beams // Vestnik MGSU. 2018. № 3 (114). P. 309–321.
13. Pre-stressed pre-stressed beam : patent 155802 Ros. Federation. № 2014152337 ; decl. 23.12.14 ; publ. 20.10.15. Bul. № 29. 2 p.
14. Pre-stressed reinforced concrete beam : patent 155488 Ros. Federation. № 2015102306 ; decl. 26.01.15 ; publ. 10.10.15. Bul. № 28. 2 p.
15. Precast concrete pre-stressed beam : patent 165473 Ros. Federation. № 2016114023 ; decl. 11.04.16 ; publ. 20.10.16. Bul. № 29. 2 p.
16. Pre-stressed steel obtonated beam : patent 172515 Ros. Federation № 2017112142/03 ; decl. 10.04.2017; publ. 11.07.17. Bul. № 20. 2 p.
17. Pre-stressed reinforced concrete beam : patent 174326 Ros. Federation. № 2017101736/03 ; decl. 01.19.2017 ; publ. 11.10.17. Bul. № 29. 2 p.
18. Self-stressed wood-concrete roofing : patent 177801 Ros. Federation. № 2017126964 ; decl. 26.07.17; publ. 13.03.18, Bul. № 8. 2 p.
19. Belutsky I. U. Perfection of methods for calculating and assessing the operability of exploited steel-and-concrete span structures: author's abstract. Khabarovsk, 2004. 37 p.
20. Kayumov R. A., Muhamedova I. Z., Suleymanov A. M., Tazyukov B. F. Development of film- and fabric- composite materials durability assessing methodology under time-dependent influences of temperature and solar radiation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016 V. 158 010250.

УДК 624.078.412
Миронова Юлия Викторовна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: yul.mironova2018@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Сдвиговая податливость стыков монолитных железобетонных колонн и перекрытий при сейсмических воздействиях с учетом фактора времени

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить особенности напряженно-деформированного состояния несущей системы многоэтажного здания при сейсмическом воздействии с учетом накопленных повреждений, разработать аналитическое выражение по определению сдвиговой податливости стыка колонны и перекрытия в монолитном многоэтажном здании.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в получении аналитического выражения по оценке сдвиговой податливости стыка колонны и перекрытия на основании анализа численного моделирования работы несущей системы при сейсмическом воздействии с учетом фактора времени.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности оценки сдвиговой податливости стыка колонны и перекрытия, отражающей работу несущей системы с учетом фактора времени при проектировании многоэтажных каркасных зданий в сейсмоопасных районах.

Ключевые слова: несущая система многоэтажного здания, накопленные повреждения несущих конструкций, старение бетона, сейсмическое воздействие, сдвиговая податливость.

Введение

Одним из наиболее негативных для зданий и сооружений природных воздействий являются землетрясения, которых ежегодно в мире происходит свыше 300 тысяч. Большинство из них имеет небольшую силу, но способствует накоплению повреждений в конструкциях. При локальном разрушении несущих конструкций в результате возникновения аварийных и чрезвычайных воздействий: террористические акты, пожары, аварии, сейсмические воздействия, опасные метеорологические явления, здания должны быть защищены от прогрессирующего разрушения [1].

Здание в период эксплуатации проходит три основных этапа:

1. Этап эксплуатации объекта без снижения надежности (возрастает прочность бетона, происходят деформации ползучести и усадки и т.п.).

2. Этап перераспределения внутренних усилий (появляются дефекты, трещины, изменяются свойства железобетона и т.п.).

3. Этап определения эксплуатационной пригодности объекта (возникают аварийные и нештатные ситуации, снижаются запасы прочности и надежности конструкций, изменяются жесткостные характеристики и т.п.).

В период эксплуатации накапливается физический износ здания, происходит постепенная утрата несущей способности, накопление деформаций в отдельных элементах и в здании в целом. Повреждения в конструкциях вызываются действием нагрузок, неравномерных осадок, тектонических движений грунтов, неточностями и отклонениями при возведении зданий, усадочных и температурных напряжений.

Нормативный подход к расчету элементов зданий и их сопряжений не учитывает частичные повреждения в элементах, нагрузки от сейсмических сил определяются по закону упругого деформирования конструкций, при этом образование остаточных деформаций, трещин, пластических шарниров учитываются эмпирическими коэффициентами. Эти коэффициенты не зависят от интенсивности землетрясения и свойств самого сооружения, а действительные условия работы и деформирования

конструкций при сейсмических воздействиях могут быть уникальными и сложными. При сильных землетрясениях в конструкциях появляются и развиваются дефекты и повреждения, что приводит к изменению жесткостных и динамических характеристик [2, 3, 4, 5]. Возникают значительные отклонения результатов расчета и проектирования от фактического напряженно-деформированного состояния зданий и их элементов, меняется картина работы несущей системы.

Влияние сейсмических воздействий на напряженно-деформированное состояние несущих систем многоэтажных зданий

Приоритетным направлением в строительстве в сейсмоопасных районах является возведение многоэтажных и высотных зданий из монолитного железобетона. С конструктивной точки зрения «слабым местом» в каркасе здания являются узловые сопряжения. В монолитных многоэтажных зданиях стыки продольной арматуры колонн устраиваются в уровне верха перекрытий, в зоне действия максимальных усилий. Устройство стыков связано с выбором способа стыкового соединения стержней, а также с выполнением ряда конструктивных требований. Так как монолитные железобетонные элементы не могут создаваться в один цикл, при бетонировании на стыке твердеющего и свежего бетона образуются холодные рабочие швы, которые по своим прочностным и деформативным характеристикам могут отличаться от проектных и становиться податливыми. Экспериментальные исследования показывают, что податливость стыков приводит к существенному (до 40 %) перераспределению усилий. Податливость стыка определяется как повышенная деформативность соединения на малом участке длины стыка, по сравнению с деформативностью стыкуемых элементов. Таким образом, податливость стыка – это смещение, вызванное единичной силой – при сжатии – растяжении, сдвиге или повороте. Податливость стыков несущих элементов каркаса может быть вызвана: пониженной трещиностойкостью и сопротивляемостью развитию трещин бетона замоноличивания шва; смятием бетона конструкций и стыка по контактным поверхностям с развитием неупругих деформаций; снижением расчетных площадей конструкций в стыке для обеспечения соединений арматуры; пониженная жесткость сварных соединений арматуры и закладных деталей и т.д.

Кроме того, в процессе сейсмических колебаний происходит частичное разрушение элементов конструкции (разрушение и отслоение защитного слоя бетона, разрыв связей, появление и развитие пластических шарниров и т.п.). Сооружение начинает работать как конструктивно нелинейная система. Предполагаемые места разрушения устанавливаются анализом результатов статического и динамического расчетов, при этом расположение мест образования пластических шарниров чаще всего совпадают. Вследствие проявления физической и конструктивной нелинейности меняется напряженно-деформированное состояние стыка, как следствие изменяется податливость сопряжения. При расчете податливости рекомендуется применять коэффициент жесткости стыка, определяемый как тангенс угла наклона секущей к кривой на диаграмме усилие – перемещение для стыка. При воздействии на каркас сейсмических сил, необходимо учитывать сдвиговую податливость ($1/C\gamma$), обусловленную деформациями сдвига при действии поперечной силы и характеризующуюся зависимостью «Q-Δ», определяемую по результатам экспериментов.

В практике проектирования, исходя из особенностей распределения усилий в несущем каркасе, вертикальные стыки колонн, работающие на внецентренное сжатие, рекомендуется размещать в зонах с минимальными изгибающими моментами, в идеале – в середине высоты этажа, что не всегда целесообразно из технологических и других соображений. С ростом нагрузки, за счет развития неупругих деформаций в элементах сопряжения, податливость стыков колонн увеличивается. Интенсивное нарастание деформаций в стыке проявляется при нагрузке 60-80 % от разрушающей.

Современные проблемы строительства зданий в сейсмических районах, повышенные требования к надежности возводимых сооружений и совершенствование технологий требуют развития методов расчета сооружения на различного рода динамические, в том числе и сейсмические нагрузки. На сегодняшний день существуют различные меры и методы защиты зданий и сооружений от землетрясений. Конструктивные меры защиты зданий включают: мероприятия по уменьшению перемещений и деформаций земной

поверхности в пределах защищаемого здания; мероприятия по предотвращению повреждения конструкций; мероприятия по исправлению положения здания. По вопросам сейсмостойкости зданий проведены многочисленные исследования, однако задача определения сейсмостойкости зданий и сооружений с учетом накопленных повреждений рассмотрена не в полном объеме. Учет повреждений возможен при учете реальной жесткости и податливости стыков на стадии проектирования. Исходя из вышесказанного, необходима разработка рекомендаций по определению количественных характеристик повреждений, для их последующего учета [6, 7].

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния стыка

Для уточнения данных о прочности и податливости стыка колонны и перекрытия был проведен численный эксперимент, целью которого являлось моделирование работы монолитного многоэтажного здания с учетом повреждений при сейсмических воздействиях. В качестве исследуемого был принят монолитный железобетонный каркас 12-ти этажного жилого дома, с размерами в осях 27,6×24 м, высота этажа – 3 м. Колонны – 0,4×0,6 м, перекрытия – безбалочные монолитные толщиной 200 мм, бетон класса В25, арматура А400, сейсмичность района строительства – 8 баллов.

Расчет проводился на сейсмическое воздействие с учетом различных вариантов повреждений: разрушение (отказ) колонн; ослабление сечения колонны – снижение жесткости элементов в соответствии с теорией старения бетона [1, 2], изменение модуля упругости колонн на 5-40 %; увеличение податливости стыка колонны с перекрытием.

Анализ результатов показал, что максимальное расхождение по частотам колебаний при отказе наиболее нагруженной угловой колонны нижнего яруса здания на жестком основании при локальном повреждении элемента по сравнению с исходной схемой составляет: при 1-ой форме колебания – 2,94 %; при 2-ой форме колебания – 17,67 %; при 3-ой форме колебания – 17,2 %. Степени повреждения зданий и сооружений в зависимости от изменения фактического периода собственных колебаний здания или сооружения по сравнению с проектным значением влияют на изменение периода собственных колебаний здания, причем, изменение частоты собственных колебаний на 11-30 % характеризуется как «умеренная» степень повреждения. Таким образом, при отказе колонны значение частот собственных колебаний изменилось. При последующих нагружениях накопленные повреждения и существенно скажутся на напряженно-деформированном состоянии элементов несущей системы и вызовут перераспределение усилий в них. Исходя из вышесказанного, уже на стадии проектирования необходимо предусмотреть обоснованный запас прочности, позволяющий учесть наличие ослаблений сечений, дефектов и повреждений элементов.

Жесткостные характеристики железобетонных конструкций с течением времени в и результате повреждений изменяются, в частности снижаются прочность и модуль упругости бетона. При этом прочность бетона можно определить по формуле [8]:

$$R(t) = R(1-0{,}04\lg t). \quad (1)$$

Модуль упругости бетона [9]:

$$E = 1000000/(1{,}7+300/R), \quad (2)$$

где t – время, часы; R – прочность бетона, кг/см^2.

Используя данные, полученные по зависимостям (1-2) в качестве характеристик железобетонных конструкций, можно выяснить напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов через определенный промежуток времени. Оценка прочности и податливости монолитного стыка производится на основе теории силового сопротивления анизотропных материалов сжатию [10, 11, 12, 13]. Данный подход основан на следующих положениях:

- используется гипотеза об образовании в зонах передачи и восприятия усилий уплотнений бетона в виде клиньев, усеченных пирамид, конусов, повторяющих в основании форму грузовых и опорных площадок;

- разрушение элементов, воспринимающих сжимающие усилия, происходит от сопротивления бетона отрыву, сдвигу и раздавливанию в зависимости от расположения грузовых площадок и их размеров;

- сопротивление бетона разрушению при сжатии оценивается его прочностью на растяжение, сдвиг и раздавливание;

- механизм разрушения описывается с использованием статического метода предельного равновесия, в соответствии с которым разрушение элементов наступает одновременно во всех расчетных зонах и напряжения в них достигают предельных значений. В работе [11] предложено ввести в расчетное выражение усилия, воспринимаемые продольной и поперечной арматурой, несущую способность стыка определить по формуле:

$$N \leq \frac{(4\omega\gamma_{sw}\sum R_s A_{sw})cos\alpha + 3R_{bt}L_{loc}^2(sin^2\alpha + 1)cos\alpha + Q_s sin\alpha}{sin\alpha} + \\ + R_b L_{loc}^2 sin^4\alpha + R_s A_s + \gamma_s R_{sc} A_{sc}. \quad (3)$$

С использованием выражений (1)-(3) был произведен расчет несущей способности стыка монолитных колонн. Исследовалось состояние системы стыка в возрасте 1 день, 10 дней, 1 год, 5, 20, 50 и 100 лет. В результате была получена зависимость несущей способности стыка от возраста. Результаты изменения несущей способности стыка представлены в табл. 1.

Таблица 1

Время, годы	0	1	5	10	20	50	100
N_{ult}, кН	4336,8	3281,2	3108,5	3037,6	2969,4	2884,2	2824,2

Таким образом, наиболее интенсивное снижение несущей способности стыка происходит на начальном этапе жизненного цикла конструкции в первые 10 лет и достигает до 42 %, последующее снижение несущей способности менее значительно.

Значения модуля упругости материала колонны, вычисленные по выражениям (1)-(3), были введены в расчетную схему. В результате расчета получили картину перераспределения усилий в стержневых и пластинчатых элементах по сравнению с исходной схемой. При этом, увеличение внутренних усилий в элементах, находящихся вне зоны разрушения, составило до 23 %. При изменении модуля упругости с учетом накопленных дефектов на 5-40 % от начального значения 30×10^3 МПа, изменение усилий в стержневых элементах в зависимости от направления сейсмической нагрузки и модуля упругости составило до 14 %. При расчете здания по различным схемам разрушения максимальное расхождение, по сравнению с исходной схемой, составило 17,67 % для 2-ой формы колебания – при отказе наиболее нагруженной угловой колонны нижнего яруса. Изменение периода собственных колебаний здания можно охарактеризовать как «умеренную» степень повреждения.

Сдвиговая податливость стыков

На следующем этапе определялась сдвиговая податливость стыков колонн по различным методикам. По [11] определена сдвиговая податливость стыка $1/C_{xy}$ в упругой, неупругой стадиях и на стадии разрушения. Полученные значения податливости представлены в табл. 2.

Таблица 2

Возраст, годы	Податливость, $1/C_{xy}$,10^{-6} м/кН		
	Упругая стадия	Неупругая стадия	Стадия разрушения
0	4,275950	5,583003	9,47301
1	4,701957	6,156808	10,41332
5	4,794368	6,281732	10,61725
10	4,836113	6,338216	10,70936
20	4,879104	6,396422	10,80421
50	4,937946	6,476143	10,93404
100	4,984056	6,538662	11,03577

Осевая податливость определена по формуле, предложенной в [4]:

$$\frac{1}{C_z} = \frac{t_u}{E_p(A_{loc}+\alpha\cdot A_s)} + \frac{2h_k}{\upsilon E_b\gamma_\mu(A_{loc}+\alpha\cdot A_s)}; \ \frac{1}{C_z} = 1{,}1473\cdot10^{-6} см/кН. \quad (4)$$

Сдвиговая податливость стыка в горизонтальном шве определена по формуле, полученной в [11]:

$$\frac{1}{C_{xy}} = \frac{1}{f}\left(\frac{t_ш}{G_{раств}A_{red}} + \frac{8d_s}{G_sA_s}\right), \frac{1}{C_{xy}} = 3{,}28 \cdot \frac{10^{-6}см}{кН}. \quad (5)$$

Исходя из периодичности землетрясений раз в 50-80 лет, в данном эксперименте введены значения осевой и сдвиговой податливости стыков в возрасте конструкции 50 лет. Моделирование податливости стыков происходит введением в расчетную схему шарниров с заданными характеристиками. Установлено, что увеличение податливости с течением времени приводит к увеличению усилий в элементах вплоть до стадии разрушения, причем разница в значениях этих усилий для одного и того же элемента составляет до 30 % по сравнению с усилиями, полученными без учета фактора времени. При этом значение податливости увеличивается почти в 3 раза на стадии разрушения.

Таким образом, при сейсмическом воздействии возможны повреждения отдельных элементов здания, которые не приведут к разрушению здания в целом, но изменят его напряженно-деформированное состояние. Повреждения могут быть учтены: за счет моделирования каркаса здания с локальными разрушениями; изменением прочностных и деформативных характеристик бетона в зависимости от фактора времени; изменением жесткостных характеристик материала элементов; введением в расчет значений сдвиговой и линейной податливости. При определении фактической площади арматуры превышение принимается не более 5 %, разница в значении усилий, полученная по результатам экспериментов не обеспечит должного запаса прочности, поэтому учет повреждений на стадии проектирования покажет более реальную картину изменения напряженно-деформированного состояния с течением времени.

Существующие методы определения податливости не учитывают имеющиеся недостатки и дефекты в конструкциях. При определении податливости используется коэффициент жесткости стыка. Сдвиговая податливость обусловлена деформациями сдвига при действии поперечной силы и описывается зависимостью «Q-Δ».

По результатам численных исследований выявлено, что изменение прочностных и деформативных характеристик бетона с течением времени влияет на изменение напряженно-деформированного состояния конструкций и их элементов. Предлагается учесть накопленные повреждения при определении модуля сдвига путем введения характеристик бетона, определенных по выражениям (1)-(2) в методику [11] (табл. 3):

$$G = \frac{100000}{2 * (1{,}7 + \frac{300}{(1 - 0{,}04lgt)})(1 + v)}. \quad (6)$$

Таблица 3

Стадии работы стыка	Обозначения	По формуле (6)	По методике [11]
Упругая	$\frac{1}{C_{xy1}}$	$4{,}7 \cdot 10^{-6}$ м/кН	$3{,}8 \cdot 10^{-6}$ м/кН
Неупругая	$\frac{1}{C_{xy2}}$	$6{,}16 \cdot 10^{-6}$ м/кН	$4{,}9 \cdot 10^{-6}$ м/кН
Разрушение	$\frac{1}{C_{xy3}}$	$10{,}4 \cdot 10^{-6}$ м/кН	$8{,}3 \cdot 10^{-6}$ м/кН

Таким образом, по результатам эксперимента было получено, что податливость стыка в стадии разрушения увеличивается примерно в 3 раза (рис.), что доказывает необходимость учета изменения податливости при проектировании.

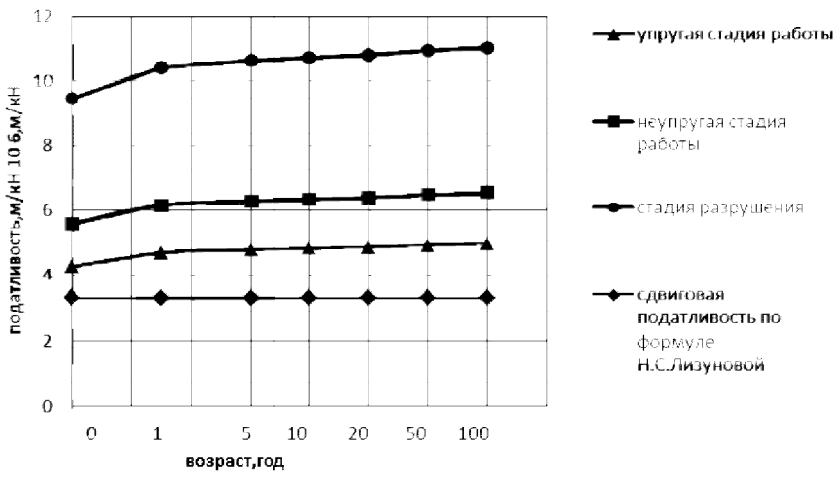


Рис. График зависимости сдвиговой податливости от возраста

Заключение

Проведённые численные эксперименты по исследованию влияния локальных повреждений на динамические характеристики зданий из монолитного железобетона доказали, что повреждения существенно влияют на НДС здания. Вследствие этого предлагается учитывать данные виды дефектов конструкций при расчете на сейсмическое воздействие. Локальные повреждения конструкций рекомендуется вводить в расчетную схему путем удаления отдельных конечных элементов, на основе оценки сопротивляемости здания ПР. В расчетах на сейсмическое воздействие предлагается учитывать старение материала в конструкциях, определять модуль упругости бетона по формулам (1)-(2). Сдвиговую податливость стыков монолитных колонн рекомендуется определять по выражению (6), осевую податливость определять по [14]. Осевую и сдвиговую податливости учесть в расчете путем введения в стержневые элементы шарниров с вычисленными значениями податливости.

Список библиографических ссылок

1. Алмазов В. О. Проблемы прогрессирующего разрушения // Строительство и реконструкция. 2014. № 6 (56). С. 3–10.
2. Топилин А. Н. Сейсмостойкость железобетонных конструкций с учетом процесса развития повреждений // Вестник МГСУ. 2011. № 2. Т. 1. С. 105–109.
3. Жарницкий В. И., Голда Ю. Л., Курнавина С. О. Развитие повреждений в железобетонной раме при сейсмических воздействиях : сб. ст. III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону / МГСУ (НИУ). Москва, 2014. С. 57–67.
4. Золина Т. В. О необходимости учета сейсмического воздействия в оценке остаточного ресурса в связи с изменением сейсмоопасности территории : м-лы VIII Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов / ГАОУ АО ВПО «АИСИ». Астрахань, 2014. С. 75–84.
5. Luis Esteva. Structural damage accumulation and control for life cycle optimum seismic performance of buildings // Structure and Infrastructure Engineering. 2016. Vol. 12. https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1064967.
6. Dante Tolentino, Ricardo B. Flores, Jorge L. Alamilla. Probabilistic assessment of structures considering the effect of cumulative damage under seismic sequences // Bulletin of Earthquake Engineering. 2017. December. https://doi.org/10.1007/s10518-017-0276-6 2017.

7. Dante Tolentino, Sonia E. Ruiz. Time-Dependent Confidence Factor for Structures with Cumulative Damage // Earthquake Spectra. 2015. Vol. 31. № 1. P. 441–461. https://doi.org/10.1193/010912EQS008M.
8. Безгодов И. М. О длительной прочности бетона // Бетон и железобетон. 1996. № 4. С. 23–25.
9. Кодекс-образец ЕКБ-ФИП для норм по железобетонным конструкциям. М. : НИИЖБ, 1984.
10. Соколов Б. С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии. // Известия ВУЗов. Строительство. 1993. № 9. С. 39–43.
11. Соколов Б. С., Лизунова Н. С. Экспериментально-теоретическая методика оценки сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Известия КГАСУ. 2014. № 1 (27). С. 119–124.
12. Абдрахимова Н. С., Миронова Ю. В., Шамсутдинова А. И. Экспериментально-теоретические исследования усиленных штепсельных стыков железобетонных колонн при действии поперечной силы // Известия КГАСУ. 2016. № 3 (37). С. 118–128.
13. Соколов Б. С., Лизунова Н. С. Анализ результатов экспериментальных исследований сдвиговой податливости штепсельных стыков железобетонных колонн // Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 31 (50). С. 52–57.
14. Соколов Б.С. Теория силового сопротивления анизотропных материалов сжатию и ее практическое применение. М. : АСВ, 2011. 160 с.

Mironova Juliya Viktorovna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: yul.mironova2018@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Shear yielding of the joints in monolithic reinforced concrete columns and beams under seismic loading taking into account the time factor

Abstract

Problem statement. The aim of the investigation was to reveal the peculiarities of the stress – strain state of the load-bearing system of a multi-storey building under seismic action, taking into account the accumulated damage, to develop an analytical expression to determine the shear compliance of the column joint and overlap in a monolithic multi-storey building.

Results. The main results of the study consist in obtaining an analytical expression for the evaluation of the shear compliance of the column joint and overlap on the basis of the analysis of numerical simulation of the carrier system under seismic action, taking into account the time factor.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the possibility of assessing the shear compliance of the column joint and overlap, reflecting the operation of the load-bearing system taking into account the time factor in the design of multi-storey frame buildings in seismic areas.

Keywords: the carrier system high-rise buildings, the accumulated damage of the structures, ageing of concrete, seismic effects, the shear compliance.

References

1. Almazov V. O. Problems of progressive destruction // Construction and reconstruction. 2014. № 6 (56). P. 3–10.
2. Topilin A. N. Seismic resistance of reinforced concrete structures taking into account damage development process // Vestnik MGSU. 2011. № 2. V. 1. P. 105–109.
3. Jarnicki V. I., Golda J. L., Kurnavina S. O. Development of damage in reinforced concrete frame under seismic loading : dig. of art. III all-Russian (II International) conference on concrete and reinforced concrete / MGSU (NIU). Moscow, 2014. P. 57–67.

4. Zolina T. V. On the need to take into account the seismic impact in the evaluation of the residual life due to changes in the seismic hazard of the territory : mat. VIII international scientific-practical conference of teaching staff, young scientists and students / GAOU AO VPO «AISI». Astrakhan, 2014. P. 75–84.
5. Luis Esteva. Structural damage accumulation and control for life cycle optimum seismic performance of buildings // Structure and Infrastructure Engineering. 2016. Vol. 12. https://doi.org/10.1080/15732479.2015.1064967.
6. Dante Tolentino, Ricardo B. Flores, Jorge L. Alamilla. Probabilistic assessment of structures considering the effect of cumulative damage under seismic sequences // Bulletin of Earthquake Engineering. 2017. December. https://doi.org/10.1007/s10518-017-0276-6 2017.
7. Dante Tolentino, Sonia E. Ruiz. Time-Dependent Confidence Factor for Structures with Cumulative Damage // Earthquake Spectra. 2015. Vol. 31. № 1. P. 441–461. https://doi.org/10.1193/010912EQS008M.
8. Bezgodov I. M. On the long-term strength of concrete // Concrete and reinforced concrete. 1996. № 4. P. 23–25.
9. Code-sample ECX-FIP for norms on reinforced concrete structures. M. : NIIZHB, 1984.
10. Sokolov B. S. Theoretical bases of resistance of concrete and reinforced concrete at compression. // Izvestiya VUZov. Construction. 1993. № 9. P. 39–43.
11. Sokolov B. S., Lizunova N. S. Experimentally-theoretical method of estimating shear compliance plug joints reinforced concrete columns // Izvestiya KGASU. 2014. № 1 (27). P. 119–124.
12. Abdrahimova N. S. Mironova Y. V., Shamsutdinova A. I. Experimental and theoretical study of reinforced socket joints of reinforced concrete columns under the action of shear forces // Izvestiya KGASU. 2016. № 3 (37). P. 118–128.
13. Sokolov B. S., Lizunova N. C. Analysis of results of experimental studies of the shear compliance of the plug joints are reinforced concrete columns // Vestnik VolgGASU. 2013. № 31 (50). P. 52–57.
14. Sokolov B. S. Theory of power resistance of anisotropic materials to compression and its practical application. M. : ASV, 2011. 160 p.

УДК 691.33
Отришко Максим Викторович
генеральный директор
E-mail: mtosu@mail.ru
ООО «Строительное управление-33»
Адрес организации: 121354, Россия, г. Москва, ул. Дорогобужская, 14, корп. 4

Методика определения несущей способности сборных силовых покрытий с пазогребневыми зацеплениями

Аннотация

Постановка задачи. Целью статьи является разработка метода определения несущей способности сборного силового покрытия из плит с зацеплениями «паз-гребень». Нормативная база расчета таких покрытий отсутствует, поэтому требует научного обоснования и разработки.

Результаты. Рассмотрены условия работы плит с пазогребневым зацепление от воздействия вертикальной нагрузки. За расчетный случай принят вариант безопорного защемления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами. Основная информация о величине несущей способности плиты получается методом испытания натурных образцов (фрагментов) элементов «паз» и «гребень». При этом сама плита проектируется, рассчитывается и производится на основе соблюдения требований существующей нормативной базы.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что разработанный метод определения несущей способности может применяться при организации производства пазогребневых плит на заводе железобетонных изделий. Предложена конструкция оснастки для организации испытания элементов плиты в заводских условиях.

Ключевые слова: сборное силовое покрытие, плита с зацеплением «паз-гребень», метод определения несущей способности.

Введение

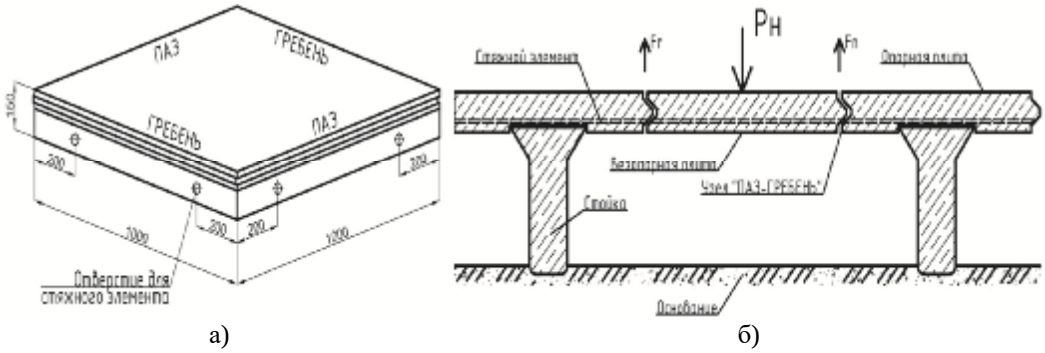
Технологии сборки покрытий дорог и аэродромов с помощью стягивания в плоскости укладки железобетонных плит стальными канатами известны [1-3]. При стягивании канатами плиты образуют плоское покрытие с высокой изгибной прочностью даже при укладке на неровное основание. Однако стягивающий элемент (трос) не препятствует вертикальному смещению смежных плит от вертикальной нагрузки и требует введения специальных элементов фиксации. Для таких конструкций при работе от вертикальных нагрузок становится проблематичным обеспечение ровности поверхности покрытия, которая достигается укладкой на ровное основание.

Новые технологии стягиваемых покрытий

Группой инженеров Компании СУ-33 (г. Москва) предложена технология укладки стягиваемых между собой плит покрытия [4, 5] с применением стыковых пазогребневых узлов. Такое покрытие получило название сборного силового покрытия (ССП). Повышенные нагрузочные характеристики ССП позволили применить его в конструкциях силовых фальшполов (рис. 1) и существенно расширить функциональные возможности применения.

Наличие пазогребневого узла зацепления, стянутого натяжными элементами, придает покрытию повышенную ровность поверхности, упрощает технологию монтажа, а главное – придает свойство дополнительной горизонтальной устойчивости под воздействием нагрузок.

Это свойство придает преимущество ССП по сравнению с приподнятыми над полом конструкциями из сборного железобетона и кессонными объемными модулями [6-8], образующими подпольное пространство в сооружении. Методы их расчета разрабатываются в каждом случае с учетом особенностей конструкции.

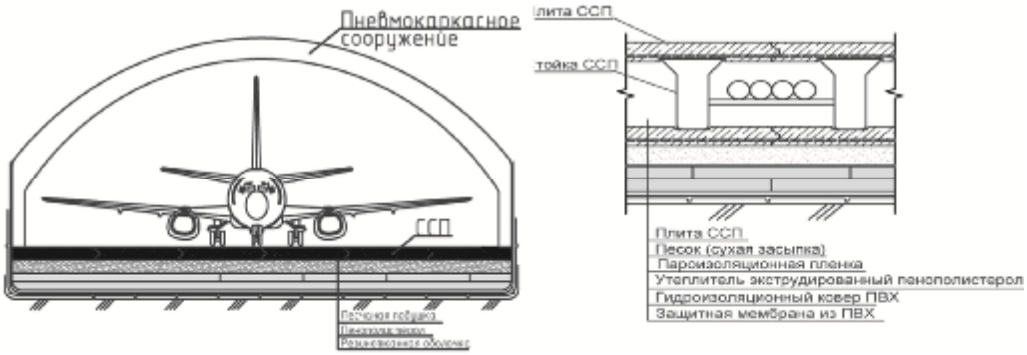


а) б)

Рис. 1. Плита ССП и условия ее применения в фальшполах:
а – общий вид плиты ССП; б – схема сил работы плиты ССП в составе фальшпола

Интегрированные в концепцию устройства силовых полов современных зданий и сооружений ССП позволяют существенно сократить трудозатраты и сроки строительства, благодаря чему могут использоваться при строительстве быстровозводимых промышленных, транспортных и оборонных объектов.

Разработанные технологические схемы применения конструкций ССП являются альтернативными классическим подходам к строительству, например, быстровозводимых объектов и сооружений (рис. 2) специального назначения.



а) б)

Рис. 2. Варианты конструктивных решений применения ССП в специальных сооружениях:
а – пневмокаркасный ангар для самолета с монтажом ССП на песчаную подушку;
б – двухуровневое покрытие с фальшполом из ССП в здании производственного назначения

Постановка задачи испытания узлов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ

В настоящей работе не рассматривается вопрос определения методики несущей способности плит ССП, смонтированных на сплошное жесткое основание (рис. 2 а). В этом случае методика определения несущей способности плитного покрытия фактически сводится к методике расчетов оснований и фундаментов.

Нормативная база расчета пазогребневых узлов от поперечных относительно продольной оси нагрузок отсутствует. Такие узлы используются, как правило, для удобства центровки смыкаемых плит, не подвергаемых поперечным нагрузкам, или находящимися под действием сил тяжести в плоскости смыкания. Такие нагрузки характерны, например, для вертикальных перегородок. Для определения их устойчивости от воздействия поперечных нагрузок проводятся специальные расчеты и испытания [9].

При работе пазогребневого соединения в фальшполах расчет прочностных характеристик узла приобретает первостепенное значение и требует обоснования. В данной работе за расчетный случай принят вариант безопорного защемления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами (рис. 1 б). При этом принимается, что прочность самой плиты обеспечивается традиционными средствами и методами, применяемыми на производствах.

В реальных условиях целесообразными вариантами применения пазогребневого зацепления в ССП принимается два варианта с симметричным расположением пазов и гребней:

ВАРИАНТ 1: гребни на двух противоположных сторонах и пазы на двух других сторонах;

ВАРИАНТ 2: отсутствие гребней и пазов на двух противоположных сторонах и размещение гребня и паза на двух других противоположных сторонах.

Допущение 1.

Принимается, что вариант с асимметричным расположением элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ не является рациональным с конструктивной точки зрения и здесь не рассматривается.

Независимо от варианта размещения пазов и гребней нормативная нагрузка $\mathbf{P_н}$ воспринимается несущей способностью гребней $\mathbf{F_г}$ и пазов $\mathbf{F_п}$ по схеме $\mathbf{P_н = 2(F_г + F_п)}$ для ВАРИАНТА 1 или $\mathbf{P_н = F_г + F_п}$ для ВАРИАНТА 2.

Несущая способность самой плиты ССП задается или рассчитывается в соответствии с предполагаемой нормативной нагрузкой $\mathbf{P_н}$.

Условия состояния и работы плиты

Условия работы реальной плиты ССП отличаются от условий работы свободно уложенной плиты тем, что восприятие нагрузки $\mathbf{P_н}$ происходит в условиях плоскостного стягивания плит между собой.

Допущение 2.

Величина силы стягивания плит ССП в плоскости укладки не влияет на прочностные свойства элементов контура опирания: несущую способность гребней $\mathbf{F_г}$ и пазов $\mathbf{F_п}$).

Справедливо полагать, что несущая способность элементов пазогребневого соединения зависит от следующих факторов влияния (табл.), которые нужно учитывать при назначении прочностных характеристик реального изделия «плита ССП».

Таблица

Характеристика факторов влияния на несущую способность пазогребневого узла

Характеристика группы факторов	Физическое выражение	Факторы влияния
Марка бетона	Компонентный состав m1/m2/m3/m4	$M_i = f\ (B_i, W_i, F_i)$
Материал арматуры	Сталь/Композит	$\Sigma\sigma_i$, E_i, Φ_i
Степень и характер армирования	Схема армирования вариант арматурного каркаса (рис. 3)	$ВАК_j$
Геометрические характеристики поперечного сечения	Толщина основной несущей части плиты	h
	Ширина основания элемента ПАЗ-ГРЕБЕНЬ	$h_г$ и $h_п$
	Ширина вершины элемента ПАЗ-ГРЕБЕНЬ	$h_г$ и $h_п$
	Высота элемента от поверхности основной несущей части	$L_г$ и $L_п$
	Смещение основания элемента от поверхности плиты	$\Delta_г$ и $\Delta_п$

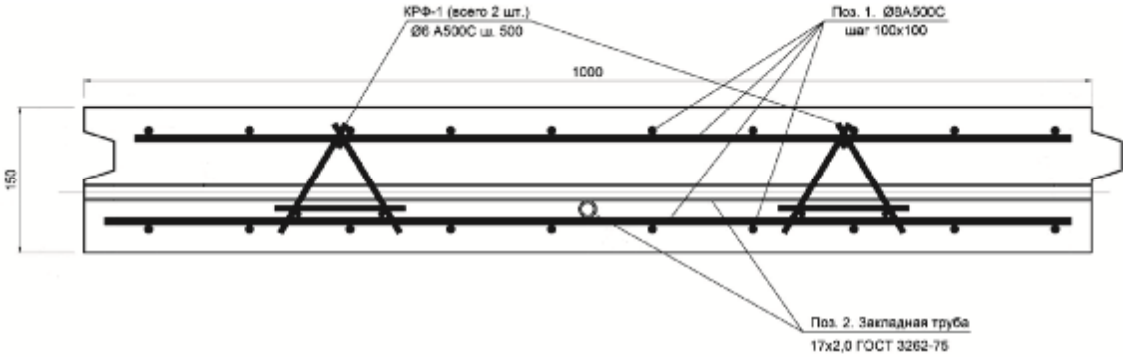


Рис. 3. Вариант выполнения арматурного каркаса плиты ССП $ВАК_j$

При рассмотрении вариантов формообразований элементов ПАЗ-ГРЕБЕНЬ следует учитывать, также, влияние на прочность этого узла и соотношений размеров сечения, определяющих угол их раскрытия **λ** (рис. 4):

- относительное смещение от края плиты $\Delta_г$/ **h** и $\Delta_п$/ **h**;
- относительную глубину закладки элемента к толщине плиты **h**;
- конусность поперечного сечения элементов $h_{ог}/h_г$ и $h_{оп}/h_п$.

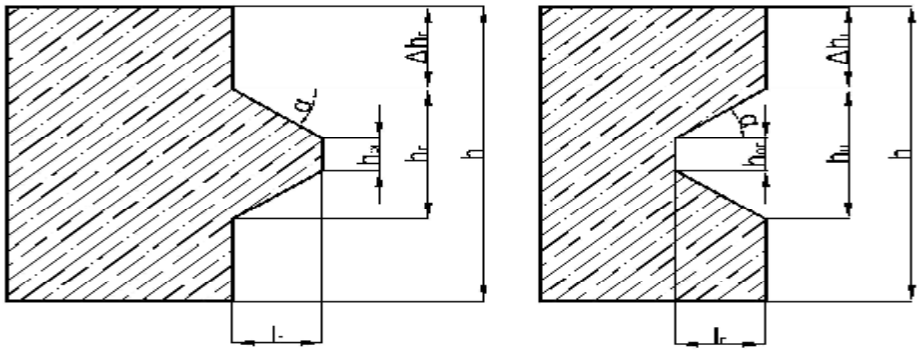


Рис. 4. К определению факторов влияния «параметры зацепления» на несущую способность пазогребневого узла плиты ССП

Методика определения несущей способности пазогребневого соединения

В условиях многофакторного влияния характеристик материала и параметров конструкции плиты ССП в реальных условиях производства принимается метод экспериментального определения несущей способности узлов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ.

Для повышения наглядности метода определяется величина несущей способности плиты ССП с фиксированными размерами основной несущей части в плане $L_п \times L_г$, (причем $L_п = L_г$) и фиксированной толщины плиты **h.**

Объектом изучения является величина несущей способности $F_п$ или $F_г$ фрагмента плиты, вырезанного перпендикулярно плоскости элемента ПАЗ или ГРЕБЕНЬ. Это текущая (измеряемая) величина $F_п$ и $F_г$. По ее величине судят о контрольной нагрузке в соответствии с ГОСТ 8829-84.

Факторами влияния принимаются фактическая (текущая) марка бетона M_i с совокупностью измеренных характеристик B_i, W_i, F_i, фактический вариант конструкция арматурного каркаса $ВАК_j$ с измеренными характеристиками арматурных стержней σ_i, E_i, d_i, и измеренными геометрическими характеристиками размещения каркаса относительно величин $L_п$, $L_г$, **h.**

Варианты конструкций арматурного каркаса **ВАК**j могут приниматься произвольно, но вносимые в них изменения должны обеспечивать либо необходимое усиление, либо целесообразное (допустимое) ослабление и удешевление в зависимости от получаемых результатов испытаний **F**п **и F**г**.**

Эти изменения вносятся в конструкцию каркаса исходя из общеинженерных представлений о прочностных характеристиках арматурных стержней и механике их работы в теле плиты.

Порядок реализации методики

Методика реализуется в соответствии с алгоритмом (рис. 5), определяющим порядок проведения испытаний, вычислений и проверок заданных условий.

Этап 1

После назначения рабочей нагрузки на плиту ССП $P_н$ определяются все ее геометрические и конструктивные параметры, выбирается вариант арматурного каркаса $ВАК_j$ в соответствии с существующими и действующими нормами проектирования, назначается коэффициент запаса прочности, например, **k=2,0**.

Этап 2

Изготавливается необходимое количество фрагментов плит в виде полубалочек (консолей), выполненных из того же материала $\mathbf{M_i}$, что и плита и имеющих толщину **h** и ширину $\mathbf{l_п}$ или $\mathbf{l_г}$, определяемую в долях **λ** от $\mathbf{L_п}$ и $\mathbf{L_г}$ (например, **λ** от 0,1 до 025) в зависимости от конструкции армокаркаса $\mathbf{ВАК_j}$ основной плиты. Этим обеспечиваются условия соблюдения геометрического подобия размещения составляющих стержней каркаса, определяющего идентичность его работы во фрагменте, как в плите.

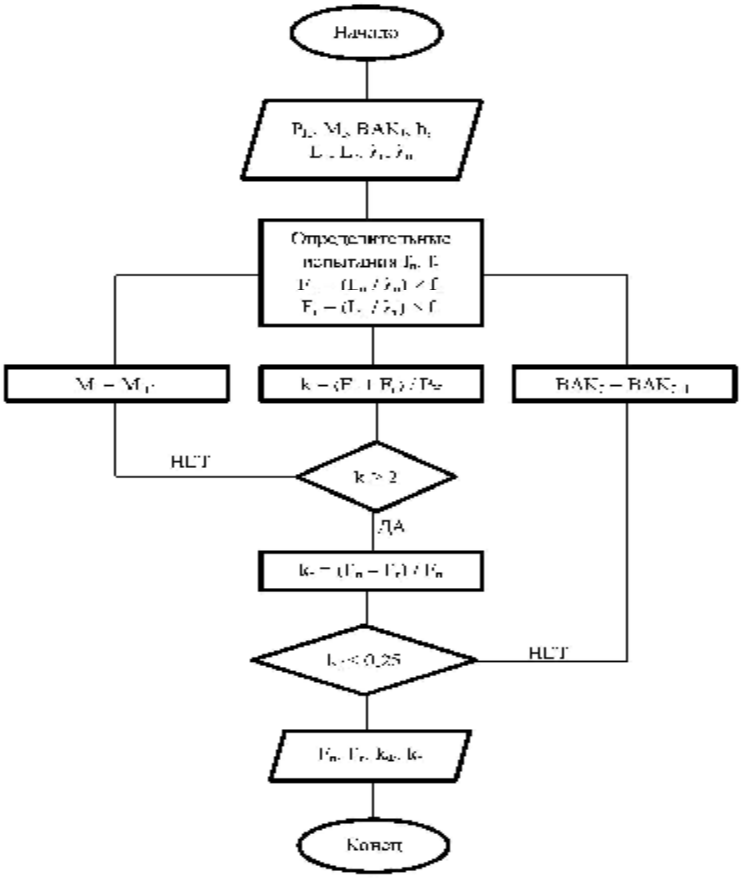


Рис. 5. Алгоритм методики определения несущей способности пазогребневого узла

Этап 3

Проводится серия испытаний фрагментов балочек элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ. Получаются усредненные единичные (для ширины полубалочки) значения величин $\mathbf{f_{п1}}$ и $\mathbf{f_{г1}}$. Эти значения пересчитываются на реальные несущие способности $\mathbf{F_п}$ и $\mathbf{F_г}$ для действительных размеров плиты $\mathbf{L_п}$ и $\mathbf{L_г}$.

Этап 4

Рассчитывается рассогласование фактического коэффициента запаса прочности $\mathbf{k_ф}$ с заданным **k=2**:

$$\mathbf{F_п+F_г/P_н \geq 2}. \quad (1)$$

Этап 5

При соблюдении условия (1) работа продолжается и никаких действий не предпринимается, далее проверяется величина рассогласования несущей способности **Fп** и **Fг** элементов ПАЗ и ГРЕБЕНЬ.

При несоблюдении этого условия принимаются меры по усилению конструкции, например, применяется переход к более высокомарочным бетонам $M_i=M_{i+1}$. Процедура, в том числе – испытания новых фрагментов плит ССП, повторяется.

Этап 6

Рассчитывается, в каких пределах находится величина коэффициента неравномерности работы элементов пазогребневого узла $\mathbf{k_f}$.

Этап 7

Если его величина не превышает заданную (например, $\mathbf{k_f}$≤0,25), то никаких мер не принимается. Если это условие не соблюдается, то рассматриваются новые варианты компоновки и оснащения арматурного каркаса ВАК$_j$. Процедура, в том числе – испытания новых фрагментов плит ССП, повторяется.

Результаты испытаний [10] становятся основой для разработки проектных и эксплуатационных документов:

Испытания проводятся в соответствии с «Техническими условиями на изготовление ССП 1000×1000×150»:

1. Изготавливаются балочки – фрагменты с армированием массива заливки в один пояс.

2. Балочки – фрагменты «ПАЗ» и «ГРЕБЕНЬ» после набора прочности устанавливаются в оснастку (рис. 6) и испытываются «на скол» путем нагружения в гидравлическом прессе.

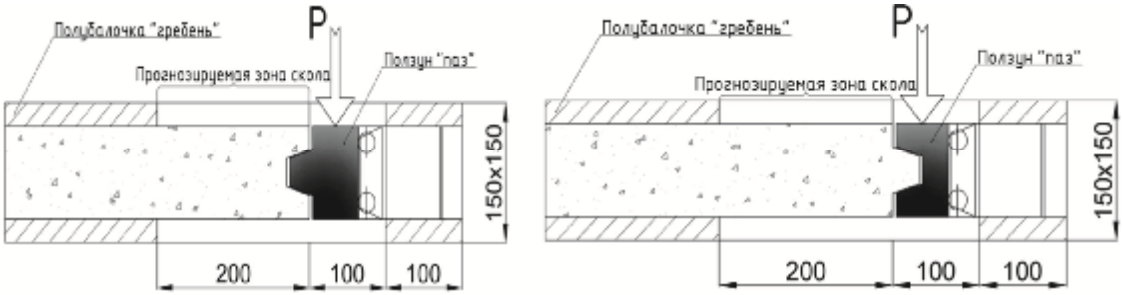


Рис. 6. Схема рабочих испытаний натурных образцов фрагментов плиты ССП: ПАЗ (а) и ГРЕБЕНЬ (б) «на скол»

3. Испытывая необходимое количество образцов, определяют среднеарифметическое значение показателей $\mathbf{F_п}$ и $\mathbf{F_г}$.

4. Результаты испытаний и расчеты несущей способности несущего элемента $\mathbf{F_п}$ и $\mathbf{F_г}$ заносятся в журнал протоколов.

Заключение

1. Рассмотрены условия работы плит с пазогребневым зацепление от воздействия вертикальной нагрузки. За расчетный случай принят вариант безопорного защемления прямоугольной плиты между четырьмя смежными плитами.

2. Основная информация о величине несущей способности плиты получается методом испытания натурных образцов (фрагментов) элементов «паз» и «гребень». Испытания проводятся с применением стандартного гидравлического оборудования.

3. Метод определения несущей способности может быть применен при организации производства пазогребневых плит для ССП или силового фальшпола.

Список библиографических ссылок

1. Бикбау М. Я. Дороги России: нужна новая технологическая основа // Точка опоры. 2010. № 106 С. 14–18.
2. Железобетонная плита сборного дорожного покрытия : пат. 2371536 Рос. Федерация. № 2007148878/03 ; заявл. 29.12.07; опубл. 27.10.09. Бюл. № 30. 3 с.
3. Система плит сборного дорожного покрытия : пат. 112682 Рос. Федерация. № 2011201113; заявл. 05.09.2011; опубл. 20.01.2012. Бюл. № 2. 3с.
4. Сборный силовой пол : пат. 169474 Рос. Федерация. № 2016129808 ; заявл. 20.07.2016; опубл. 21.03.2017. Бюл. № 9. 3 с.

5. Фальшпол : пат. 176733 Рос. Федерация. № 2017126488 ; заявл. 24.07.2017; опубл. 25.01.2018 Бюл. № 3. 3 с.
6. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. Review of existing precast concrete gravity load flor framing system // PcI Journal. 1995. Vol. 40. № 2. P. 52–67.
7. Abramski M., Albert A., Pfeffer R., Schnel J. Oxperimentelle und numerische untersuchungen zum tragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern // Beton-undstahlbetonbau. 2010. № 6. 105. P. 349–361.
8. Hegger J., Roeser W. gutachten zur querkrafttragfähigkeit von stahlbetondecken mit cobiax-hohlkörpern. Hegger + partner, Aachen, 2008.
9. Ковригин А. Г., Маслов А. В., Грановский А. В. Сейсмическая безопасность стеновых панелей со связями СПА 7,5 // Строительные материалы. 2018. № 3. С. 41–44.
10. Отришко М. В. Обоснование методики испытаний преднапряженного сборного силового пола из пазогребневых плит : сб. тезисов докладов международной научно-технической конференции «Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика» (ВПБ-2016) / КГАСУ. Казань, 2016. С. 62.

Otrishko Maksim Viktorovich
general manager
E-mail: mtosu@mail.ru
LTD «Construction management CM-33»
The organization address: 121354, Russia, Moscow, Dorogobuzhskaya st., 14/4

Method for determining the bearing capacity of prefabricated power coverings with grasping gears

Abstract

Problem statement. The aim of this paper is to develop a method for determining bearing capacity of prefabricated power coating of plates with gearing «groove-ridge». Normative base of calculation of such coating is missing, and therefore requires scientific substantiation and development.

Results. Considered the working conditions of plates with gearing «groove-ridge», against the effects of vertical load. For current case adopted option unsupported pinching rectangular plates between the four adjacent slabs. Basic information about the size of the bearing capacity of the plates is obtained in situ test method test specimens (slices) of «groove» and «ridge». When the cooker is designed shall be calculated and shall be based on compliance with existing regulatory development.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is that the developed method for determining the load-bearing capacity can be used in the organization of the production of groove plates at the plant of reinforced concrete products. The design of tooling for the organization of the test plate elements in the factory proposed.

Keywords: prefabricated power coating, plate with gearing «groove-ridge», load-bearing capacity, method of determining the load-bearing capacity.

References

1. Bikbau M. Y. Roads of Russia: we need new technological framework // Journal fulcrum. 2010. № 106. P. 14–18.
2. Concrete slab precast pavement : patent 2371536 of the Rus. Federation. № 2007148878/03 ; decl. 29.12.07 ; publ. 27.10.09. Bul. № 30. 3 p.
3. A system of precast slabs of the pavement : patent 112682 of the Rus. Federation. № 2011201113 ; decl. 05.09.2011 ; publ. 20.01.2012. Bul. № 2. 3 p.
4. Modular power Paul : patent 169474 of the Rus. Federation. № 2016129808 ; decl. 20.07.2016 ; publ. 21.03.2017. Bul. № 9. 3 p.

5. Raised floor : patent 176733 of the Rus. Federation. № 2017126488 ; decl. 24.07.2017 ; publ. 25.01.2018. Bul. № 3. 3 p.
6. Pessiki S., Prior R., Sause R., Slaughter S. review of existing precast concrete gravity load flor framing system // PcI Journal. 1995. Vol. 40. № 2. P. 52–67.
7. Abramski M., Albert A., Pfeffer R., Schnel J. experimentelle und numerische untersuchungen zum tragverhalten von stahlbetondecken mit kugelförmigen hohlkörpern // Beton-Und Stahlbetonbau. 2010. № 6. 105. P. 349–361.
8. Hegger J., Roeser W. gutachten zur querkrafttragfähigkeit von stahlbetondecken mit cobiax-hohlkörpern. hegger+partner, aachen, 2008.
9. Kovrigin A. G., Maslov A. V., Granovsky A. V. Seismic safety wall panels with SPA/7.5 // Stroitel'nyye materialy. 2018. № 3. P. 41–44.
10. Otrishko M. V. Justification test methods of power of the precast prestressed partition plates : dig. of art. of international scientific and technical conference «High strength cement concretes: technology, design, economy» (HSB-2016) / KGASU. Kazan, 2016. P. 62.

УДК 697.92

Бройда Владимир Аронович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: broida@mail.ru
Сафиуллин Фанис Фагимуллович
аспирант
E-mail: fanfagsaf@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик стабилизатора расхода вентиляционного воздуха

Аннотация

Постановка задачи. Поддержание расчетного расхода воздуха и уменьшение потерь тепловой энергии в холодный период года в естественных вытяжных вентиляционных системах может осуществляться при помощи стабилизаторов расхода вентиляционного воздуха. Целью исследования является экспериментальное определение местной потери давления при различных положениях подвижного элемента стабилизирующего устройства, а также усилий, возникающих от действия воздушного потока на подвижный элемент стабилизирующего устройства.

Результаты. Разработан экспериментальный стенд для изучения свойств стабилизирующего устройства, проведены оценка точности и выполнена серия опытов. Из обработанных результатов опытов получены данные, с помощью которых определены безразмерные характеристики: коэффициент местного сопротивления устройств ζ и коэффициент k, описывающий влияние аэродинамической силы на подвижный элемент устройства.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в применимости полученных экспериментальных результатов для разработки конструкций стабилизаторов расхода вентиляционного воздуха рассматриваемого типа, значительно уменьшающих расход тепловой энергии в холодный период года.

Ключевые слова: стабилизатор расхода, подвижный элемент, давление, усилие, погрешность.

Введение

При понижении температуры наружного воздуха увеличивается гравитационное давление, что ведет к увеличению расхода естественной вытяжки по сравнению с расчетным. Вследствие этого увеличиваются затраты тепловой энергии в холодный период года. Снизить бесполезные затраты тепла можно используя стабилизаторы расхода вентиляционного воздуха, которые поддерживают расчетный расход. Оценка экономии тепловой энергии за счет стабилизации расхода естественной вытяжной вентиляции приведена в [1].

Без использования автоматических стабилизирующих устройств, при ручном регулировании, в действительности, при недостаточном отоплении в холодный период года нарушаются санитарные нормы воздушной среды в помещениях, либо происходит перерасход тепловой энергии.

Стабилизированный расчетный расход воздуха позволяет проще и надежней поддерживать благоприятные внутренние условия воздушной среды в помещениях [2].

В настоящее время известно много конструкций стабилизирующих устройств [3, 4 и др.]. Большая часть имеющихся на рынке устройств для стабилизации расхода имеют значительное начальное сопротивление и предназначены, в основном, для систем механической вентиляции.

Способы стабилизации работы естественных вытяжных систем вентиляции жилых зданий, не приводящие к существенному повышению расходов при их устройстве и требующие меньшие затраты при эксплуатации, описаны в [5].

Стабилизатор расхода вентиляционного воздуха, предложенный в патенте [6] представляет собой устройство прямого действия, в котором энергия потока воздуха, воздействуя на подвижный регулирующий элемент, перемещает его, тем самым уменьшает площадь сечения для прохода воздуха, за счет чего и поддерживается расчетный расход. Необходимое перемещение подвижного регулирующего элемента ограничивается использованием упругого элемента.

Цель исследования

Целью данного исследования является экспериментальное определение аэродинамических характеристик стабилизирующего устройства, которые соответствуют различным положениям подвижного регулирующего органа, реагирующего на изменение гравитационного давления. Такие характеристики необходимы для разработки и проектирования стабилизирующего устройства рассматриваемого типа [6].

Метод исследования

Был разработан экспериментальный стенд для проведения исследований (рис. 1), на котором можно производить изучение свойств стабилизирующего устройства. Кроме того, на этом же стенде можно проверять работоспособность стабилизатора по поддержанию постоянства расхода при моделировании изменения гравитационного давления. Для решения такой задачи предусмотрены: дополнительный дроссель-клапан 13, дополнительный микроманометр 9, с помощью которых можно имитировать и контролировать изменение гравитационного давления, возникающее при изменении температуры наружного воздуха.

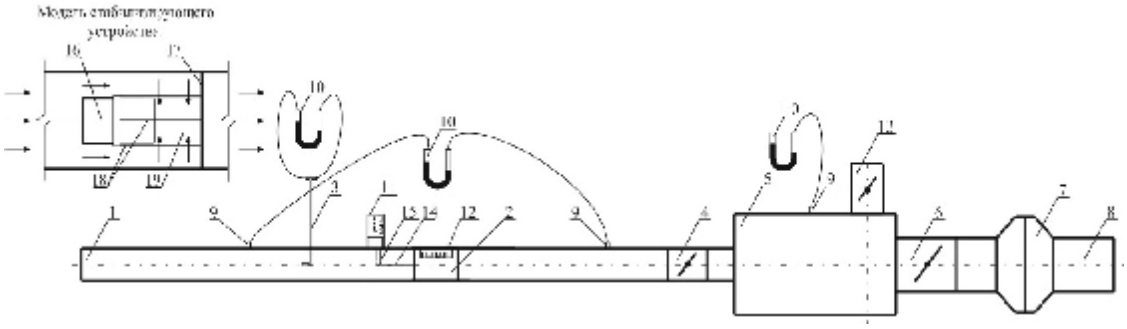


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:
1 – воздуховод d=160 мм; 2 – модель стабилизирующего устройства;
3 – двухканальная пневмометрическая трубка; 4 – дроссель-клапан d=160 мм;
5 – камера статического давления; 6 – дроссель-клапан d=315 мм; 7 – вентилятор;
8 – воздуховод d=315 мм; 9 – штуцер; 10 – дифференциальный манометр TESTO 510;
11 – динамометр; 12 – смотровое окно; 13 – дроссель-клапан d=160 мм; 14 – нить; 15 – блок;
16 – подвижный элемент; 17 – диафрагма; 18 – направляющие; 19 – сечение для прохода воздуха

Измерение динамических давлений в воздуховоде 1, регистрируемых дифференциальным манометром 10, проводилось на выровненном участке достаточной длины (15 калибров) при помощи двухканальной пневмометрической трубки 3, установленной по оси воздуховода 1. Скорость и расход воздуха в проводимых экспериментах рассчитывались по найденным динамическим давлениям. Положение подвижного элемента 16 стабилизирующего устройства 2 определялось визуально по установленной на направляющей 18 линейной шкале через застекленное смотровое окно 12 в стенке воздуховода. В зависимости от положения подвижного элемента замерялся перепад статических давлений, отбираемых от штуцеров 9 на границах участка замеров длиной $l_{зм}$. На основании измеренных перепадов статических давлений, с учетом удельных линейных потерь давления R на участке между штуцерами, определяемых по справочным таблицам [7], вычислялись коэффициенты местного сопротивления ζ, соответствующие положению подвижного элемента.

Усилия от воздействия воздушного потока на подвижный элемент стабилизирующего устройства, измерялись при помощи пружинного динамометра 11, соединенного с подвижным элементом при помощи нити 14, перекинутой через блок 15.

Все опытные величины в экспериментах снимались, когда подвижный элемент стабилизирующего устройства устанавливался под действием воздушного потока и уравновешивался усилием динамометра.

Была произведена оценка погрешности при выполнении экспериментальных исследований на установке для изучения свойств стабилизирующего устройства.

Общая среднеквадратичная ошибка измерений на экспериментальном стенде определяется по формуле [8]:

$$Ds_m = \sqrt{Ds_1^2 + Ds_2^2 + Ds_3^2 + Ds_4^2 + Ds_5^2 + Ds_6^2 + Ds_7^2 + Ds_8^2 + Ds_9^2}, \quad (1)$$

где $\Delta\sigma_1$ – ошибка пневмометрической трубки (по данным [9] составляет ±2 %);
$\Delta\sigma_2$ – ошибка дифференциального манометра TESTO 510 (по данным [10] составляет ±2,5 %);
$\Delta\sigma_3$ – ошибка визуального снятия отсчета по линейной шкале (для невооруженного глаза составляет $\Delta h_э$=±0,5 мм (~1 %), и не зависит от величины отсчета);
$\Delta\sigma_4$ – ошибка метода проведения измерений по показаниям пневмометрической трубки, установленной по оси воздуховода, (по данным [9] принимается равной 2 %);
$\Delta\sigma_5$ – ошибка измерений динамометром, (принимается в 1 %);
$\Delta\sigma_6$ – ошибка за счет возможной неплотности аэродинамического стенда (установка была уплотнена при помощи алюминиевого скотча, оценивается в 3 %);
$\Delta\sigma_7$ – ошибка, учитывающая неточность геометрических размеров сечения канала (для канала d=160 мм оценивается равной 0,5 мм/160мм=0,3 %);
$\Delta\sigma_8$ – ошибка снятия статических давлений с помощью штуцеров (оценивается в 1 %);
$\Delta\sigma_9$ – ошибка, учитывающая зазор между подвижным элементом и направляющими, по которым он перемещается (оценивается в 0,5 %).

$$Ds_m = \sqrt{2^2 + 2,5^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2 + 3^2 + 0,3^2 + 1^2 + 0,5^2} = 5,2\% = 0,052.$$

Определяется доверительная вероятность измерений α. Доверительный интервал измерений на экспериментальном стенде должен быть соизмерим со среднеквадратичной ошибкой установки, и принимается с запасом Δx=0,07. В ходе опытов для снижения погрешности предполагается выполнять по n=3-4 однотипных измерений. Значения коэффициента Стьюдента вычисляются по формуле [11]:

$$t_{an} = \frac{Dx \times \sqrt{n}}{Ds_m}, \quad (2)$$

– для 4 измерений: $t_{an} = \frac{0,07 \times \sqrt{4}}{0,052} = 2,7$;

– для 3 измерений: $t_{an} = \frac{0,07 \times \sqrt{3}}{0,052} = 2,3$.

Интерполируя данные таблицы С.2 [11] находим при n=4 α=0,92, при n=3 α=0,84. Такие доверительные вероятности соответствуют ожидаемой точности выполняемых экспериментальных исследований. Соответственно, при проведении экспериментов принимается выполнение 3-4 однотипных измерений.

Определение коэффициента местного сопротивления ζ и коэффициента k, характеризующего усилие на подвижном элементе стабилизирующего устройства, проводилось по нескольким однотипным замерам для каждого положения подвижного элемента. Полученные результаты затем усреднялись. Для уменьшения погрешностей, связанных с вибрацией подвижного элемента стабилизирующего устройства, рассматривалось две зоны его перемещения.

Для первой зоны с длиной сечения для прохода воздуха в диапазоне от 55 до 15 мм, длина такого сечения изменялась с шагом 5 мм. Чтобы получить несколько экспериментальных значений при помощи дроссель-клапана 4 изменялся расход, и проводилось по 4 однотипных замера. Для второй зоны с длиной сечения для прохода воздуха от 15 до 9 мм, шаг уменьшался до 2 мм. В выполненных опытах минимальная длина сечения для прохода воздуха составляла 9 мм. Для каждого положения подвижного элемента второй зоны проводилось по 3 однотипных замера при разных расходах воздуха.

Обработка результатов экспериментов проводились по следующим формулам:

– осевая скорость воздуха в канале $V_{ос}$, м/с:

$$V_{ос} = 1,29 \times \sqrt{P_{тр}}\,, \tag{3}$$

где $P_{тр}$ – показания дифференциального манометра, соответствующие перепаду полного и статического давления, измеряемых двухканальной пневмометрической трубкой;

– средняя скорость в канале $V_{ср}$, м/с:

$$V_{ср} = 0,81 \times V_{ос}\,, \tag{4}$$

– расход воздуха в канале L, м^3/с:

$$L = V_{ср} \times F\,, \tag{5}$$

где F – площадь сечения канала, при d=0,16 м, $F=\pi \cdot d^2/4$=0,0201 м^2.

– рассчитанное по величине $V_{ср}$, динамическое давление в канале, $P_д$, Па:

$$P_д = \frac{\rho \times V_{ср}^2}{2}\,, \tag{6}$$

– коэффициент местного сопротивления стабилизирующего устройства ζ:

$$\zeta = \frac{P_{шт} - R \times l_{зм}}{P_д}\,, \tag{7}$$

где $P_{шт}$ – измеренный перепад давления между штуцерами, Па;

R – удельное сопротивление, которое определялось по справочным таблицам [7], в зависимости от диаметра и скорости, Па/м;

$R \cdot l_{зм}$ – расчетная потеря давления на участке между штуцерами, Па, где $l_{зм}$=1,5 м.

Безразмерной характеристикой усилия от воздействия потока на подвижный элемент является коэффициент k, который находится по формуле:

$$k = \frac{us/102}{f_n \times P_д}\,. \tag{8}$$

где us – усилие измеряемое динамометром, г; 102 – коэффициент пересчета усилий, измеренных в граммах в Н (ньютоны); f_n – площадь поперечного сечения круглого подвижного элемента при радиусе r=0,055 м, $f_n=\pi \cdot r^2$=0,0094 м^2.

По обработанным результатам экспериментального исследования построен график зависимости коэффициента местного сопротивления ζ от отношения длины сечения для прохода воздуха l к диаметру воздуховода d, то есть l/d. Аналогичным образом построена зависимость коэффициента k, характеризующего воздействие потока на подвижный элемент устройства от величин l/d. Графики зависимостей $\zeta(l/d)$ и $k(l/d)$ представлены на рис. 2-3. На этих же графиках показаны результаты численного исследования по определению коэффициента местного сопротивления ζ и коэффициента усилий k, полученные ранее методом CFD в работе [12].

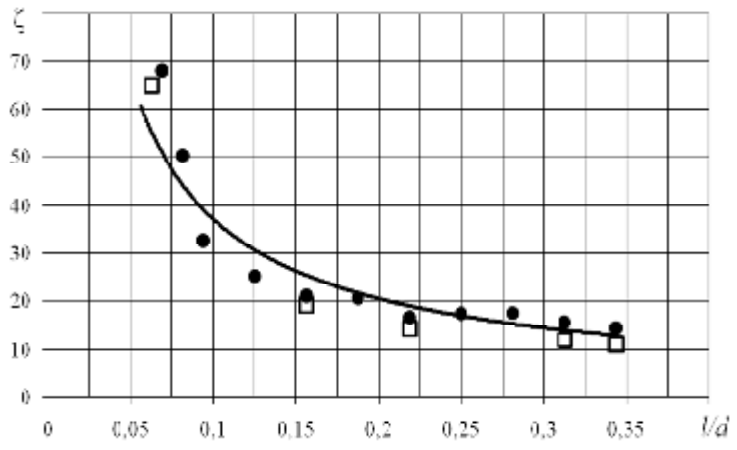


Рис. 2. График зависимости коэффициента ζ от l/d:
● – осредненные опытные значения экспериментального исследования;
□ – результаты численного исследования; сплошная линия – кривая, построенная по формуле (9)

Экспериментальная зависимость *ζ(l/d)* в исследованном диапазоне приближенно описывается степенной функцией:

$$\zeta = 5{,}22\times(l/d)^{-0{,}85}. \qquad (9)$$

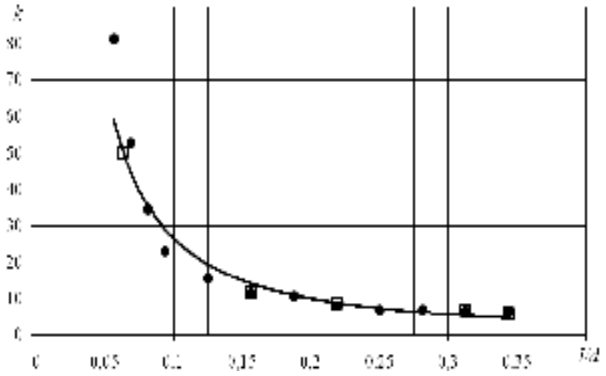
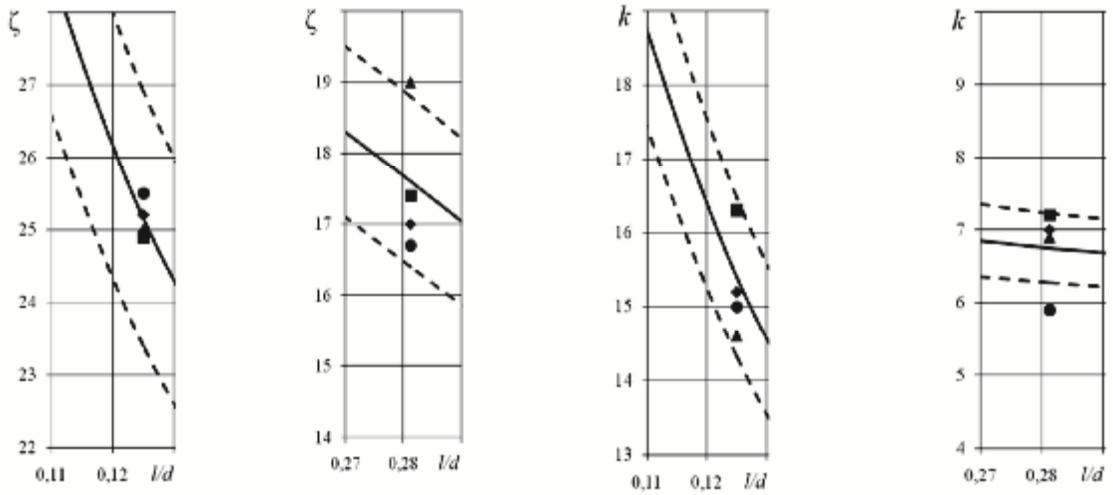


Рис. 3. График зависимости коэффициента *k* от *l/d*:
● – осредненные опытные значения экспериментального исследования;
□ – результаты численного исследования; сплошная линия – кривая, построенная по формуле (10)

Экспериментальная зависимость *k(l/d)* неплохо аппроксимируется формулой:

$$k = 1{,}05\times(l/d)^{-1{,}4}. \qquad (10)$$

В качестве подтверждения того, что выбранная методика определения количества однотипных измерений является верной, представлен разброс экспериментальных точек коэффициента местного сопротивления *ζ* (рис. 4а, б) и коэффициента усилий *k* (рис. 4в, г) при различных расходах воздуха для значений *l/d*=0,125 и *l/d*= 0,281.



а) б) в) г)

Рис. 4. Разброс экспериментальных точек.
Сплошная линия – ожидание получаемого результата;
штрихпунктирные линии – границы доверительного интервала;
▲●■♦ – отдельные опытные значения величин *ζ* и *k*
при разных расходах воздуха и заданных значениях *l/d*

Большинство отдельных опытных точек размещается в границах доверительного интервала. Так на рис. 4 а-г из 16 опытных точек 14 располагаются внутри доверительного интервала, то есть для этих опытных точек доверительная вероятность составляет 14/16=0,875 и практически совпадает с предварительно выполненной оценкой доверительной вероятности α=0,84-0,92.

Заключение

Результаты экспериментального исследования аэродинамических характеристик стабилизатора расхода вентиляционного воздуха, представленные в виде безразмерных коэффициентов *ζ(l/d)* и *k*(*l/d),* показали их удовлетворительное соответствие результатам выполненного ранее численного исследования [12]. Большинство экспериментальных точек лежат в пределах доверительного интервала, что подтверждает предварительную оценку точности исследования. Таким образом, экспериментально получены основные характеристики, которые составляют базу для расчета и конструирования стабилизатора расхода вентиляционного воздуха для конкретных условий применения.

Список библиографических ссылок

1. Бройда В. А. Экономия тепловой энергии за счет стабилизации расхода естественной вытяжной вентиляции // Известия вузов. Строительство. 2012. № 10. С. 54–58.
2. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В. Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией // Специализированный журнал Энергосбережение : АВОК. 2018. № 2. С. 16–24.
3. Воздушный клапан для регулирования расхода воздуха в воздуховоде : пат. 2451244 Рос. Федерация. № 2009109703/12 ; заявл. 14.08.07 ; опубл. 20.05.12, Бюл. № 14. 20 с.
4. Энергосберегающий регулятор расхода воздуха систем естественной вентиляции : пат. 2527725 Рос. Федерация. № 2013115179/12 ; заявл. 04.04.13 ; опубл. 10.09.14, Бюл. № 25. 6 с.
5. Шонина Н. А. Вентиляция для многоэтажных жилых зданий // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. 2013. № 6. С. 22–30.
6. Устройство стабилизации расхода воздуха : пат. 2547602 Рос. Федерация. № 2013151943/12 ; заявл. 21.11.13 ; опубл. 10.04.15, Бюл. № 10. 4 с.
7. Богословский В. Н. Справочник проектировщика. Ч3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2. М. : Стройиздат, 1992. 416 с.
8. Kondlo L. Estimation in the Presence of Measurement errors : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 96 p.
9. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. М. : Стройиздат, 1954. 288 с.
10. Карманный дифференциальный манометр testo 510. Техническое описание // ГК «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ». URL: http://testo.nt-rt.ru/images/manuals/510.pdf (дата обращения: 15.03.2018).
11. Bijma F., Jonkers M., Van der Vaart A. An Introduction to Mathematical Statistics : Amsterdam University Press, 2016. 384 p.
12. Бройда В. А., Сафиуллин Ф. Ф. Численное исследование аэродинамики цилиндрического тела в канале с диафрагмой // Известия КГАСУ. 2015. № 3 (33). С. 93–97.

Broyda Vladimir Aronovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: broida@mail.ru
Safiullin Fanis Fahimullovich
post-graduate student
E-mail: fanfagsaf@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental study of aerodynamic characteristics of ventilation air flow stabilizer

Abstract

Problem statement. Maintenance of the estimated air consumption and reduction of heat losses during the cold period of the year in natural exhaust ventilation systems can be carried out

with the help of airflow stabilizers. The aim of the study is to determine experimentally the local pressure loss at various positions of the movable member of the stabilizing device, as well as the forces arising from the action of the air flow on the movable member of the stabilizing device.

Results. An experimental installation was developed to study the properties of a stabilizing device, an accuracy evaluation was performed, and a series of experiments was performed. From the processed results of the experiments, data were obtained with the help of which the dimensionless characteristics were determined: the coefficient of local resistance of the devices ζ and the coefficient k, which describes the effect of aerodynamic force on the moving element of the device.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry consists in the applicability of the obtained experimental results for the development of designs of airflow stabilizers of the type considered, which significantly reduces the consumption of thermal power in the cold season.

Keywords: flow stabilizer, moving element, pressure, effort, error.

References

1. Broyda V. A. Thermal energy saving by stabilizing the consumption of natural exhaust ventilation // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2012. № 10. P. 54–58.
2. Shilkin N. V., Shonina N. A., Miller Y. V. Energy-saving options in systems with adjustable natural ventilation // Specializirovannyi zhurnal Energosberezhenie : AVOK. 2018. № 2. P. 16–24.
3. Air valve for regulating airflow in the duct : patent 2451244 of the Rus. Federation. № 2009109703/12 ; decl. 14.08.07 ; publ. 20.05.12. Bull. № 14. 20 p.
4. Energy-saving air flow controller for natural ventilation system : patent 2527725 of the Rus. Federation. № 2013115179/12 ; decl. 04.04.13; publ. 10.09.14. Bull. № 25. 6 p.
5. Shonina N. A., Ventilation for multi-storied residential buildings // Ventilyaciya. Otoplenie. Kondicionirovanie : AVOK. 2013. № 6. P. 22–30.
6. Air flow stabilization device : patent 2547602 of the Rus. Federation. № 2013151943/12 ; decl. 21.11.13 ; publ. 10.04.15. Bull. in № 10. 4 p.
7. Bogoslovskiy V. N. Handbook of the designer. P3. Ventilation and air conditioning. Book. 2. M. : Stroyizdat, 1992. 416 p.
8. Kondlo L. Estimation in the Presence of Measurement errors : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. 96 p.
9. Taliev V. N. Aerodynamics of ventilation. M. : Stroyizdat, 1954. 288 p.
10. Pocket differential pressure gauge testo 510. Technical description // GC «NOVYE TEKHNOLOGII». URL: http://testo.nt-rt.ru/images/manuals/510.pdf (reference date: 15.03.2018).
11. Bijma F., Jonkers M., Van der Vaart A. An Introduction to Mathematical Statistics: Amsterdam University Press, 2016. 384 p.
12. Broyda V. A., Safiullin F. F. Numerical study of the cylindrical body aerodynamics in a duct with a diaphragm // Izvestiya KGASU. 2015. № 3 (33). P. 93–97.

УДК 536.491
Сапрыкина Надежда Юрьевна
старший преподаватель
E-mail: nadin_id@mail.ru
Астраханский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18

Исследование факторов, влияющих на работу грунтовых тепловых насосов при длительных сроках эксплуатации

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – выявить факторы, влияющие на работу грунтовых тепловых насосов при длительных сроках эксплуатации. Для эффективной работы теплового насоса с вертикальным грунтовым теплообменником при проектировании должны быть выбраны оптимально благоприятные условия и месторасположения будущих скважин.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в том, что ежегодное падение грунтовой температуры будет постепенно сокращаться в условиях знакопеременного режима. Процесс регенерации позволяет компенсировать «недостающие» величины тепловой нагрузки. При этом объем грунтового массива, подверженного изменению температурного режима, будет расширяться с каждым годом.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что полученные результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований могут служить научной основой проектирования и технико-экономической оценки геотермальных ТНУ с учётом долговременных прогнозов параметров их работы, а также с учётом циклической работы ТНУ.

Ключевые слова: температура грунта, температурное поле, тепловой насос, геотермальная скважина, активная нагрузка, регенерация.

Введение

Технологические особенности теплонасосных установок (ТНУ) применяемые в отраслях промышленности, сельского хозяйства, пищеперерабатывающей и культивационных сооружениях, позволяют использовать это оборудование, как в режиме теплоснабжения, так и в режиме хладоснабжения [1-3, 14-15]. Как правило, использование разных технологических режимов сезонно. Зимой – тепло, летом – холод (кондиционирование). Обычно, на объектах, раздельные схемы получения теплоты и холода, при этом полученная теплота рабочего тела в большинстве случаев рассматривается как «отходы» и утилизируется в окружающую среду. Температурное поле грунта меняться в зависимости от режимов работы ТНУ. Характеристика изменения температурных волн в зависимости от режима эксплуатации теплового насоса отражены в исследованиях [4-6]. Известно, что при работе установки только на нагрев или только на охлаждение заметные изменения температурного фона грунта, отражающиеся на технико-экономических показателях (ТЭП) теплового насоса, проявляются на 5-й год эксплуатации [7-8].

Расчетные режимы

Рассматривая вопросы выбора расчётных режимов работы теплоэнергетического комплекса для системы отопления и кондиционирования, определения начальных и граничных условий при выбранных технологических режимах теплового насоса (рис. 1), предложена модель тепломассообменных процессов в пласте в зоне влияния вертикальной геотермальной скважины, включая нестационарную теплопроводность и перенос тепла фильтрационным потоком грунтовых вод [9-10]. Исследованы несколько режимов работы ТНУ (рис. 2) [11]:

- нестационарный (режим № 1) – технологический режим, когда установка работает только на тепло (только на охлаждение);

- знакопеременный (режим № 2) – технологический режим, когда установка работает в отопительный период и межсезонье – на тепло, летом – на кондиционирование (охлаждение).

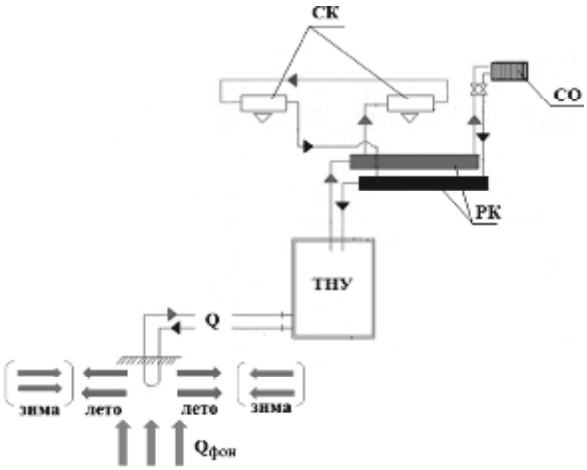
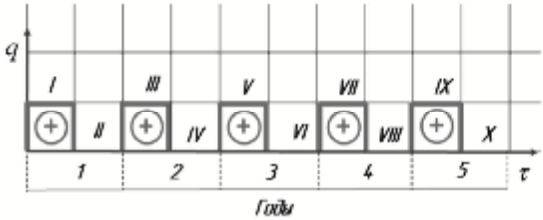
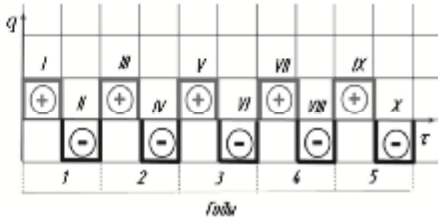


Рис. 1. Принципиальная схема системы отопления и кондиционирования:
ТНУ – теплонасосная установка; СО – система отопления; СК – система кондиционирования;
РК – распределительный коллектор; Q – тепловой поток; $Q_{фон}$ – фоновый поток земли



а)



б)

Рис. 2. Расчетная схема периодов работы ТНУ по этапам:
I – 6 мес.; II – 1 год; III – 1,5 года; IV – 2 года; V – 2,5 года; VI – 3 года;
VII – 3,5 года; VIII – 4 года; IX – 4,5 года; X – 5 лет.
а) в одном технологическом режиме; б) в двух технологических режимах одновременно

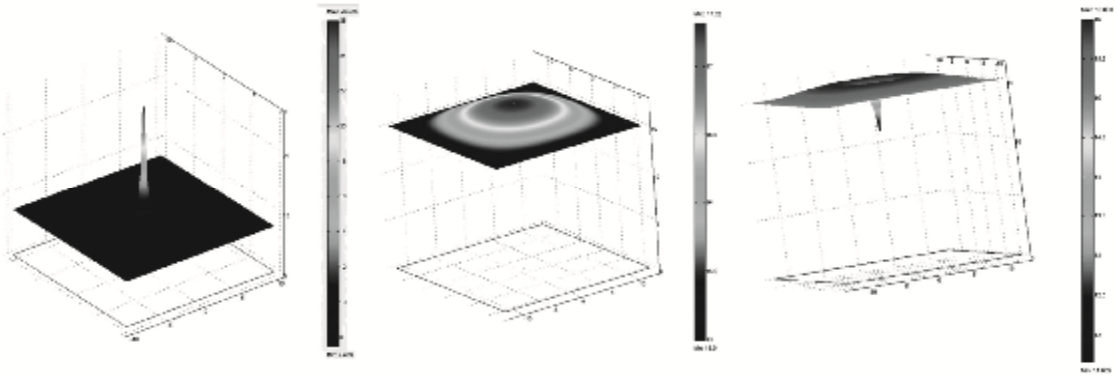
Для получения результатов было выбрано время достижения квазистационарного режима и определялось расчётом и находится в пределах 5 лет, что также подтверждается эксплуатационными параметрами действующих скважин [7, 9-11].

Условиями расчёта определено чередование периодов включения ТНУ с периодами её остановки с цикличностью, определяемой временем года, без изменения направления теплового потока (рис. 2а). Знаком «+», отмечена нагрузка, положительные значения (подвод в скважину). На рисунке 2б знаком «+» – подвод «активной» нагрузки в скважину, знак «–» – отвод. Стоит отметить, что под понятием «активная нагрузка» понимается та, преобладающая нагрузка, которая необходима для выполнения основной задачи оборудования на данный период эксплуатационного периода. Например, [12] установка ТНУ предназначена для круглогодичной эксплуатации, с применением процессов холодоснабжения и сезонного теплоснабжения – зимой отопление, летом охлаждение цеха по переработке молочной продукции. Встречаются случаи [13] эксплуатации установки, работающей одновременно на тепло и на охлаждение в один и тот же период. Тогда, такая «активная» нагрузка может выступать в качестве подвода в геотермальную скважину тепла, либо холода и наоборот.

Формирование температурного поля грунта

Предельные состояния температуры пласта достигаются к моменту завершения цикла, т.е., например, к окончанию отопительного сезона, в связи, с чем расчётные значения, используемые для определения эксплуатационных характеристик

фиксировались на этот момент времени. Диапазон плотностей тепловых потоков также определялся условиями эксплуатации действующих скважин и ограничивался от 100 до 500 Вт/м^2. Результаты исследования отражены на рис. 3.

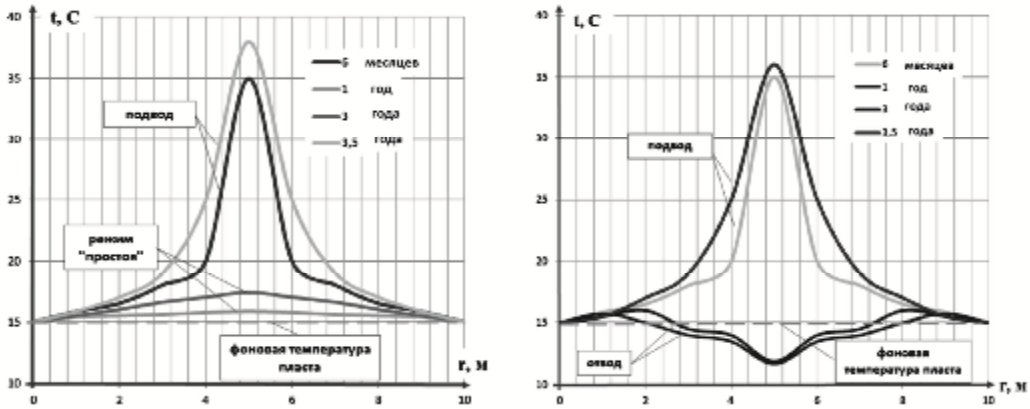


а) б) в)

Рис. 3. Изменение температурного поля:
а) при подводе «активной» нагрузки в течение 6 месяцев; б) в режиме «простоя» оборудования;
в) при знакопеременном режиме на период 1-го года эксплуатации

На рис. 4 показаны результаты исследования с момента первого включения ТНУ до установления квазистационарного режима.

При работе оборудования 6 месяцев наблюдается резкий скачок температуры (рис. 4а), что связано, с внешним возмущающим фактором на грунт. Этим факторов и выступает «активная» нагрузка. Из рис. 4а видно, что за 2 года работы теплового насоса в одном технологическом режиме (режим № 1), температура грунта, сформированная с помощью «возмущающего» фактора в среднем увеличивается на 2°С (диапазон зависит от величины активной тепловой нагрузки). В отключенном режиме ТНУ, фоновая температура грунта в среднем увеличилась от 1,5 до 2°С. Циклическое повторение режимов подвода тепла с «простоями» (т.е. когда тепловой насос не совершает никакой работы) приводит к эффекту аккумулирования тепла, компенсируемого фоновыми тепловыми потоками. Квазистационарное состояние, соответствующее циклическому режиму без дальнейшего роста температур наступает на этапе – 2,5 года, в режиме «простоя» – 3 года (рис. 4а).



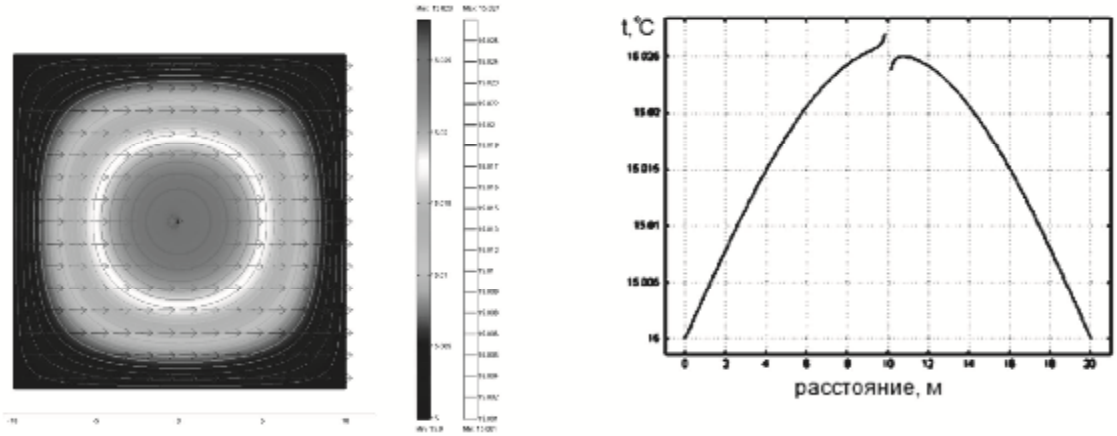
а) б)

Рис. 4. Изменение температуры пласта в зависимости от технологического режима:
а) в нестационарном режиме б) в знакопеременном режиме подводе тепла

Исследования показали, что, при знакопеременном режиме, изменение температуры по циклическому закону достигается раньше (рис. 4б), чем при нестационарном режиме. Таким образом, через 2,5 года наступает квазистационарное состояние, когда сезонные изменения входят в установившийся циклический режим. Очевидно, что при отводе тепла

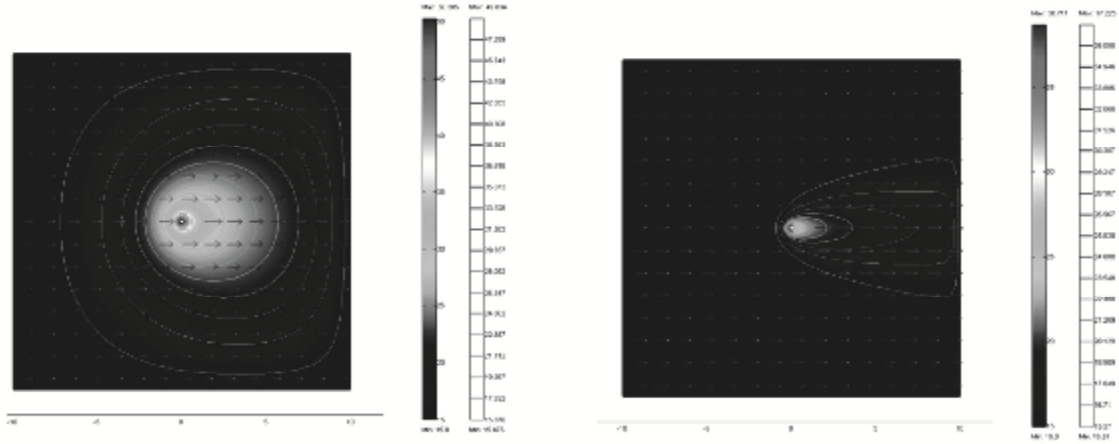
пласт охлаждается, а при подводе нагревается, но последовательное реверсирование теплового насоса приводит к появлению системы тепловых волн, которые приводят к изменениям температуры скважины и влияют на технико-экономические параметры оборудования. В связи с этим, для сохранения проектных параметров гелиоэнергетической установки и теплового баланса грунта, необходимо комбинировать направление тепловых потоков, то есть оптимальным режимом является чередование отопление/кондиционирование. Распределение температур в грунте, может положительно сказаться на долговременной эксплуатации грунта.

Неоспоримым фактором, влияющих на работу грунтовых тепловых насосов и на температуру грунта при длительных сроках эксплуатации является наличие фильтрационного потока грунтовых вод. Длительная эксплуатация в условиях влияния фильтрационного потока приводит к изменениям в пласте на малых расстояниях от оси скважин. На рис. 5 представлены результаты изменения температурного поля за 2 года эксплуатации в результате «простоя» оборудования.



а) б)

Рис. 5. Изменение температурного поля по направлению фильтрационного поток за 2 года в режиме «простоя» оборудования



а) б)

Рис. 6. Изменения температуры грунта при различных скоростях грунтовых вод при: а) $\upsilon_{фил}$ = 0,0000005 м/с; б) $\upsilon_{фил}$ = 0,000006 м/с

При скорости фильтрации 0,0000005 м/с, соответствующей холмистому рельефу местности с высокой проницаемостью грунтов получено поле температур с ярко выраженной асимметрией (рис. 6а). На рис. 6б показано влияние фильтрационного потока со скоростью $\upsilon_{фил}$ = 0,000006 м/с. Тепловой поток во встречном фильтрационному потоку крайне мал, и изменение температуры вблизи скважины наблюдается только в районе

значительного градиента температур на расстоянии менее 2 м от оси скважины. С противоположной стороны градиент температур мал и отвод тепла в этом направлении меньше в 5-10 раз. Интегральная оценка эффективности теплоотвода показывает его рост. Сравнивая температуру на забое геотермальной скважины, можно отметить понижение температуры на 20-25°С, что повышает коэффициент трансформации теплонасосной установки, снижая расход энергии.

Эффективность работы ТНУ при длительной эксплуатации

Зная факторы, влияющие на работу оборудования, можно провести расчет для более эффективного технико-экономический анализа, что позволит минимизировать суммы капитальных и эксплуатационных затрат. Для расчета предложено выражение (1):

$$Эф = Q \cdot k \cdot n \cdot z \cdot s \cdot f, \quad (1)$$

где Q – кВт, электропотребляемая мощность оборудования (технический паспорт); k – коэффициент загруженности оборудования, зависящий от времени эксплуатации оборудования (0,5-1); n – количество оборудования, шт; z – временной период эксплуатации оборудования; s – стоимость электроэнергии в регионе эксплуатируемого оборудования; f – фактор отрицательного влияния на работу ТНУ (от 0 до 100 %).

Заключение

Выявлено влияние геотермальной скважины на температурное поле пласта и параметры работы низкопотенциальной геотермальной теплонасосной установки.

Список библиографических ссылок

1. Атманских М. Б. Температурные волны в грунте вблизи основания тепловыделяющегося сооружения // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 7. С. 146–153.
2. Булдакова, И. Н. Нагрев теплоносителя в трубе U-образного грунтового коллектора теплонасосной установки // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. № 2. С. 175–177.
3. Серьогин А. А., Осьмак А. А., Рябоконь Н. В. Охлаждение оборотной воды сахарного завода с использованием грунтовых контуров тепловых насосов // Вiстник АМУ. 2014. № 2. С. 122–132.
4. Денисова А. Е., Мармусевич А. В. Моделирование тепловых процессов в грунтовой тепловой трубе теплонасосной системы тепло- и хладоснабжения // Труды Одесского политехнического университета. 2006. № 1 (25). С. 65–69.
5. Мацевитыи Ю. М., Тарасова В. А., Харлампиди Д. Х. Восстановление теплового потенциала грунта за счет выбора рациональных режимов работы теплонасосной системы: сб. ст. XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену / Минск, 2012. С. 736–739.
6. Федянин В. Я., Карпов М. К. Использование грунтовых теплообменников в системах теплоснабжения // Ползуновский вестник. 2006. № 4. С. 98–103.
7. Васильев В. Г. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // АВОК. Теплоснабжение. 2007. № 5. URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3685 (дата обращения: 15.04.2016).
8. Ибрагимов Э. В. Опыт использования тепловых насосов в качестве систем термостабилизации грунта в криолитозоне // ОФМГ. 2015. № 5. С. 23–26.
9. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Моделирование температурного поля грунта при многолетней эксплуатации низкопотенциальных геотермальных скважин : сб. ст. VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи развитию науки и образования» / АГАСУ. 2017. С. 29–33.
10. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов в условиях влияния грунтовых вод // Вестник ВГТУ. 2017. № 2 (46). С. 27–37.

11. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование естественного изменения температурного поля при многолетней эксплуатации теплового насоса // Вестник ТГАСУ. 2016. № 4 (57). С. 117–125.
12. Сапрыкина Н. Ю. Формирование условий однозначности при нестационарном режиме работы для долгосрочного срока эксплуатации грунтового теплового насоса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал. 2016. № 3 (17). С. 40–48.
13. Сапрыкина Н. Ю. Комплексные мероприятия по энергосбережению на объектах птицеводческого хозяйства с применением КСТУ : сб. ст. XII Международной научно-технической конференции «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики. Пути их решения» / СГТУ. Саратов, 2014. С. 351–356.
14. Alberti L. Borehole heat exchangers: how flow velocity and dispersion influence heat transfer // Flowpath 2014 – National Meeting on Hydrogeology. 2014.
15. Casasso A. Efficiency of closed loop geothermal heat pumps: a sensitivity analysis // Renewable Energy 62, 2014. P. 737–746.

Saprykina Nadezhda Yuryevna
senior lecturer
E-mail: nadin_id@mail.ru
Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
The organization address: 414056, Russia, Astrakhan, Tatishcheva st., 18

Investigation of factors affecting the operation of ground heat pumps for long periods of operation

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to identify the factors that affect the operation of ground heat pumps for long periods of operation. For the efficient operation of a heat pump with a vertical ground heat exchanger, optimum favorable conditions and locations for future wells should be selected during design.

*Results***.** The main results of the study are that the annual drop in ground temperature will gradually decrease under conditions of alternating regimes. The process of regeneration makes it possible to compensate for the «missing» values of the heat load. At the same time, the volume of the soil massif, subject to a change in the temperature regime, will expand from year to year.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is that the results of the theoretical and experimental studies carried out can serve as the scientific basis for the design and technical and economic evaluation of geothermal TNUs, taking into account long-term forecasts of their operation parameters, and also taking into account the cyclic operation of the TNU.

Keywords: soil temperature, temperature field, heat pump, geothermal well, active load, regeneration.

References

1. Atmanskikh M. B. Temperature waves in the soil near the base of a heat-generating structure // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 7. P. 146–153.
2. Buldakova I. N. Heating of the coolant in the pipe of the U-shaped ground collector of the heat pump plant // Intellektual'nyye sistemy v proizvodstve. 2014. № 2. P. 175–177.
3. Seriogin A. A., Osmak A. A., Ryabokon N. V. Cooling of the circulating water of a sugar plant using ground circuits of heat pumps // Vystnik AMU. 2014. № 2. P. 122–132.
4. Denisova A. E., Marmusevich A. V. Modeling of thermal processes in the ground heat pipe of the heat pump system of heat and cold supply // Trudy Odesskogo politekhnicheskogo universiteta. 2006. № 1 (25). P. 65–69.

5. Matsevityi Yu. M., Tarasova V. A., Kharlampidi D. Kh. Recovery of the thermal potential of the soil due to the choice of rational operating modes of the heat pump system : dig. of art. XIV Minsk International Forum on Heat and Mass Transfer / Minsk, 2012. P. 736–739.
6. Fedyanin V. Ya., Karpov M. K. Use of ground heat exchangers in heat supply systems // Polzunovskii vestnik. 2006. № 4. P. 98–103.
7. Vasiliev V. G. Geothermal heat pump systems of heat supply and efficiency of their application in climatic conditions of Russia // ABOK. Heat supply. 2007. № 5. URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3685 (reference date: 15.04.2016).
8. Ibragimov E. V. Experience in the use of heat pumps as systems of thermal stabilization of soil in the cryolithozone, // OFMG. 2015. № 5. P. 23–26.
9. Saprykina N. Yu., Yakovlev P. V. Modeling of the soil temperature field during long-term operation of low-potential geothermal wells / Sb. Art. VI International Scientific Forum of Young Scientists, Students and Schoolchildren «Potential of intellectually gifted youth in the development of science and education» / AGASU. 2017. P. 29–33.
10. Saprykina N. Yu., Yakovlev P. V. Investigation of the formation of the temperature field of the soil during the operation of geothermal heat pumps in conditions of the influence of groundwater // Vestnik VGTU. 2017. № 2 (46). P. 27–37.
11. Saprykina N. Yu., Yakovlev P.V. Investigation of the natural change in the temperature field during long-term operation of the heat pump // Vestnik TGASU. 2016. № 4 (57). P. 117–125.
12. Saprykina N. Yu. Formation of the conditions of single-valuedness under non-stationary mode of operation for the long-term service life of the ground heat pump // Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya: nauchno-tekhnicheskiy zhurnal. 2016. № 3 (17). P. 40–48.
13. Saprykina N. Yu. Complex measures for energy saving at poultry farm facilities using KSTU : dig. of art. XII International Scientific and Technical Conference «Modern scientific and technical problems of heat power engineering. Ways to solve them» / SSTU. Saratov. 2014. P. 351–356.
14. Alberti L. Borehole heat exchangers: Flow velocity 2014 – National Meeting on Hydrogeology. 2014.
15. Casasso A. Efficiency of closed loop geothermal heat pumps: a sensitive analysis // Renewable Energy 62, 2014. P. 737–746.

УДК 697.34
Соломин Илья Николаевич
главный инженер проекта
E-mail: solil1@yandex.ru
ЗАО «НПП «Компрессор»
Адрес организации: 420054, Россия, г. Казань, ул. Актайская, д. 21
Даминов Айрат Заудатович
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН»
E-mail: daminov@list.ru
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31
Садыков Ренат Ахатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Оптимизация режимов эксплуатации и параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения

Аннотация

Постановка задачи. Работа направлена на разработку оптимизационных решений по повышению энергоэффективности тепловых сетей закрытых систем централизованного коммунального теплоснабжения.

Результаты. Разработан метод расчета и проектирования трубопроводных систем теплоснабжения, где основной частью являются разработанные методика определения оптимальных параметров системы теплоснабжения от теплоисточника до потребителя и методика определения температурного графика регулирования нагрузки с целью оптимального потребления энергоресурсов на теплоисточнике.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности достижения минимальных значений потерь и эксплуатационных затрат в тепловой сети. Эффектом от оптимизации является возможность снизить расчетный температурный график, что приведет к экономии природного газа на источнике и снижению себестоимости тепловой энергии. Данные методики позволят при строительстве новых и модернизации действующих систем централизованного теплоснабжения выбрать наиболее энергоэффективные, рациональные и оптимальные проектные решения.

Ключевые слова: система теплоснабжения, оптимизация, методика, математическая модель.

Введение

На основании Федерального закона № 190-ФЗ «О теплоснабжении» развитие систем теплоснабжения жилых массивов необходимо осуществлять в целях удовлетворения спроса на тепловую энергию, теплоноситель и обеспечения надежного теплоснабжения наиболее экономичным способом при минимальном вредном воздействии на окружающую среду, экономическом стимулировании развития и внедрения энергосберегающих технологий.

Развитие объектов муниципальных образований формирует потребность в модернизации и оптимизации действующих систем теплоснабжения, с учетом изменения (увеличения) тепловых нагрузок и принципов энергосбережения, вызванных непрерывным ростом стоимости энергоресурсов. Это в свою очередь отражается на стоимости тепловой энергии для конечного потребителя, вызывает рост тарифов на тепловую энергию, что ухудшает общую социальную обстановку.

Все мероприятия по снижению издержек в теплоснабжении должны быть направлены на повышение эффективности транспорта и распределения тепловой энергии и обеспечивать надежное и качественное теплоснабжение потребителей. Под энергосбережением в системах теплоснабжения понимается снижение энергоресурсов на источниках тепловой энергии (котельных) и при ее транспортировке и распределения по

потребителям. Основные энергоресурсы для выработки и транспорта тепловой энергии являются топливо (природный газ), сжигание которого необходимо для нагрева теплоносителя до требуемой температуры и электроэнергия для привода сетевых насосов, перекачивающих теплоноситель по тепловым сетям. Из этого следует, что энергосбережение в системах теплоснабжения обусловлено снижением расхода и экономией данных видов энергоресурсов.

Анализ состояния исследований

Энергоэффективная работа существующих систем централизованного теплоснабжения может быть достигнута посредством оптимизации параметров системы, оказывающих большее влияние на затраты энергоресурсов. Оптимизация заключается в определении оптимальных технологических параметров теплоносителя и технических конструктивных характеристик трубопроводов тепловой сети, включая характеристики тепловой изоляции. Существующие системы регулирования основаны на принципе поддержания расхода теплоносителя в зависимости от температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах. Температуры при этом задаются температурным графиком зависимости температур теплоносителя от температур наружного воздуха, в подавляющем большинстве случаев прямолинейным. Для каждой системы теплоснабжения, в зависимости от схемы тепловой сети, ее протяженности, пропускной способности может быть разработан индивидуальный температурный график и график расходов теплоносителя, при котором энергозатраты на производство и распределение тепловой энергии минимальны. Это достигается определением оптимальных технологических параметров теплоносителя для каждой точки температурного графика наружного воздуха соответствующего географического района страны. Данные графики позволят оптимизировать энергозатраты на производство и транспорт тепловой энергии в системе теплоснабжения, снизить издержки энергопотребления, а также снизить максимально расчетную температуру теплоносителя. В результате снижения максимальной расчетной температуры теплоносителя значительно снижаются фактические тепловые потери в тепловой сети, уменьшаются температурные напряжения трубопроводов, обусловленные снижением термических расширений материалов трубопроводов, открываются широкие перспективы для применения технологичных, в т.ч. неметаллических материалов трубопроводов и высокоэффективных теплоизоляционных материалов с ограниченным температурным применением. В качестве примера данных разработок можно привести организацию и режимы теплоснабжения в зарубежных странах, таких как Дания, Швеция, Норвегия и др. [1-7]. В системах теплоснабжения данных стран максимально снижена расчетная температура теплоносителя, что обеспечивает возможность применения трубопроводов из полимерных материалов с низким гидравлическим сопротивлением, высокоэффективной теплоизоляции с температурными ограничениями. В отечественных системах теплоснабжения масштаб применения данных видов материалов значительно меньше. Это связано с осуществлением регулирования тепловой нагрузки по повышенным температурным графикам, «доставшимся в наследство от советского прошлого».

Уже на протяжении длительного времени, ученые и инженеры занимаются оптимизацией действующих и вновь конструируемых систем теплоснабжения путем внедрения передовых технологий и определения оптимальных параметров и режимов работы. Применительно к источникам известны работы Л.С. Попырина, В.И. Денисова, Л.С. Хрилева. По оптимизации тепловой сети выделяются работы новосибирский ученых А.П. Меренкова, В.Я Хасилева [8], основанные на теории гидравлических цепей. За рубежом передовыми странами с развитым централизованным теплоснабжением являются Дания, Швеция, Норвегия. Все разработки инженеров и ученых данных стран направлены на повышение эффективности энергетического оборудования, качественного регулирования тепловой нагрузки и надежного теплоснабжения.

Анализ всех моделей и систем уравнения в области оптимизации тепловых сетей показал, что моделирование проводилось с целью определения наилучшего потокораспределения и расчета гидравлического режима, но без учета взаимодействия системы с окружающей средой, в частности теплообмена с окружающей средой, а также тепловые процессы, имеющие место быть в системе. Для достижения наибольшей

экономичности теплоснабжения также представляется возможным введение дополнительных условий по теплопотерям в тепловой сети, и способов их снижения. Эта необходимость обуславливается тем, что получаемое потребителем количество теплоты зависит только от гидравлического режима работы тепловой сети. Другими словами, температура внутреннего воздуха здания зависит от располагаемого напора (при условии отсутствия регуляторов) и чем больше данный напор, тем выше температура воздуха в здании. Если же их учесть, то можно определить влияние теплопотерь на падение температуры теплоносителя от источника до потребителя. Причинами тепловых потерь в сетях может быть недостаточная теплоизоляция участков трубопроводов (толщина слоя, материал), а также низкая скорость движения теплоносителя на этих участках, т.е. несоответствие диаметров участков расходам теплоносителя на них. Данный анализ тепловых потерь не применяется в исходных методах в работах А.П. Меренкова и В.Я. Хасилева [8].

Разработка метода оптимизации параметров систем теплоснабжения

Как показывает практика, существуют системы теплоснабжения, работа которых сопровождается крайне неэффективным функционированием в неоптимальном режиме. В-первую очередь это связано с высокими потерями теплоты в тепловой сети. Для снижения таких потерь разработана методика определения оптимальных параметров тепловой сети, основными их которых являются диаметры участков и расходы теплоносителя на них, а также методика расчета оптимального температурного графика работы системы. Результаты расчетов представляют собой качественные или количественные показатели эффективности от реализации проектируемых мер по энергосбережению топливно-энергетических ресурсов и снижению себестоимости производства тепловой энергии. Показатели энергоэффективности могут быть выражены как в абсолютной, так и в удельной форме. При этом регламентированные условия (режимы) работы соответствуют абсолютной форме представления расходов энергоресурсов.

Для наглядности энергоэффективных мер при внедрении оптимизационных мероприятий являются удельные энергетические затраты энергии в системе теплоснабжения на транспорт и распределение тепловой энергии [9]. Составляющими данных затрат являются суммарное годовое потребление всего объема природного газа и электроэнергии. Целевая функция суммарных затрат, в данном случае, в тепловой сети принимает вид:

$$З_{уд} = \frac{1}{9{,}81\rho c\left(t_{под} - t_{обр}\right)} \sum_{i}^{n} \left(\frac{k_ц A_{ri} G_i^2 \left(l_i + l_{экв}\right)}{\eta_{сн} d_i^{5,25}} + \frac{3600 q_{di} l_i \beta_i}{G_i} \right) \qquad (1)$$

где $\eta_{СН}$ – КПД сетевых насосов; G_i – расход теплоносителя на участке, м^3/ч; A_{ri} – коэффициент, зависящий от шероховатости участка трубопровода и плотности теплоносителя, м^{3,25}/кг; l_i – длина участка трубопровода, м; $l_{экв}$ – эквивалентная длина участка, м; d_i – диаметр участка, м; q_{di} – плотность теплового потока через тепловую изоляцию, Вт/м; β_i – коэффициент, учитывающий тепловые потери запорной арматурой; n – число участков тепловой сети; ρ – плотность теплоносителя, кг/м^3; c – удельная теплоемкость теплоносителя, ккал/(кг·К); $t_{под}$, $t_{обр}$ – расчетные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах соответственно, °С; $k_ц = T_Э/T_T$ – коэффициент соотношения тарифов тепловой и электроэнергии.

Коэффициент $k_ц$ помимо количественной составляющей удельных затрат в тепловой сети добавляет качественную, тем самым, оценивая разницу в тарифах на различные виды ресурсов.

Выражение (1) определяет долю затрат от переносимой и распределяемой энергии в тепловой сети, или удельные затраты на единицу распределяемой тепловой энергии.

Энергетические затраты несут определяющую долю в эксплуатационных расходах. В свою очередь, большую роль и существенное значение на соотношение эксплуатационных расходов источниками теплоты оказывают установленные цены на энергоресурсы. Как говорилось выше, основными энергоресурсами на источниках теплоты для выработки тепловой энергии являются природный газ и электроэнергия. Так, например, расходы на природный газ и электроэнергию в структуре тарифа на тепловую энергию доходят до 55 % и 15 % соответственно [10-11].

Оптимизация параметров системы теплоснабжения должна учитывать значения тарифов на энергоресурсы и на основании этого определять резервы и издержки для их

экономии. Максимальная экономия энергоресурсов зависит не только от сэкономленного его количества, но и от влияния цен на эти энергоресурсы [10-11].

Энергетический (полный) КПД определяется из выражения:

$$\eta = Q_{пол}/Q_{и}=(Q_{и} - Q_{потерь})/ Q_{и}=1-З_{уд}. \quad (2)$$

Условием оптимального и эффективного функционирования тепловой сети является его максимальный КПД. Это достигается при минимизации функции удельных (эксплуатационных) затрат, т.е. $З_{уд}\rightarrow\min$.

Оптимальные значения диаметров и расходов участков получаются дифференцированием выражения (1) и равенства его нулю:

$$\begin{cases} G_i = G_{iопт},\ при\ \dfrac{\partial З_{уд}}{\partial G_i} = 0 \\ d_i = d_{iопт},\ при\ \dfrac{\partial З_{уд}}{\partial d_i} = 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Решив данные уравнения, получим оптимальный диаметр участка тепловой сети:

$$G_{опт} = \sqrt[3]{\frac{3600(ad+b)l h_{сн} d^{5.25}}{2A_R k_ц (l + l_{экв})}} \quad (4)$$

и оптимальный расход:

$$d_{опт} = \sqrt[6,25]{\frac{5,25 A_r G^3 k_ц (l + l_{экв})}{3600 h_н l b a}}, \quad (5)$$

здесь a, b – коэффициенты интерполяции зависимости значения теплового потока через изоляционные конструкции трубопровода от диаметра трубопровода:

$$q=ad+b. \quad (6)$$

Графические зависимости значений теплового потока через изоляционные конструкции трубопровода от диаметра трубопровода для различных значений температуры теплоносителя представлены на рис. 1.

Выражения (4)-(5) определяют оптимальные величины диаметров и расходов по участкам тепловой сети. Графические зависимости удельных затрат на участке тепловой сети от значений расхода теплоносителя и диаметра участка представлены на рис. 2-3 и табл. 1-2 соответственно.

После проведения расчетов значения проверяются на соответствие условиям потокораспределения и не превышения максимальных давлений в узлах тепловой сети.

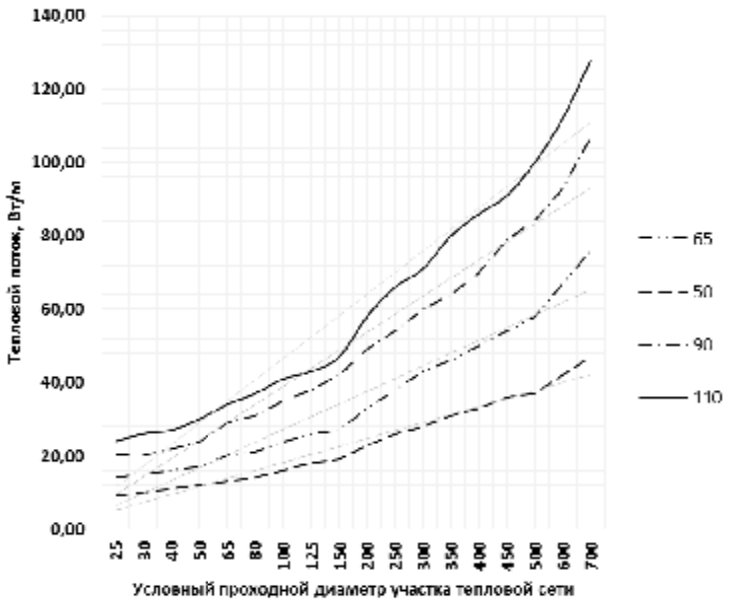


Рис. 1. Графические зависимости значений теплового потока через тепловую изоляцию трубопровода в зависимости от диаметра

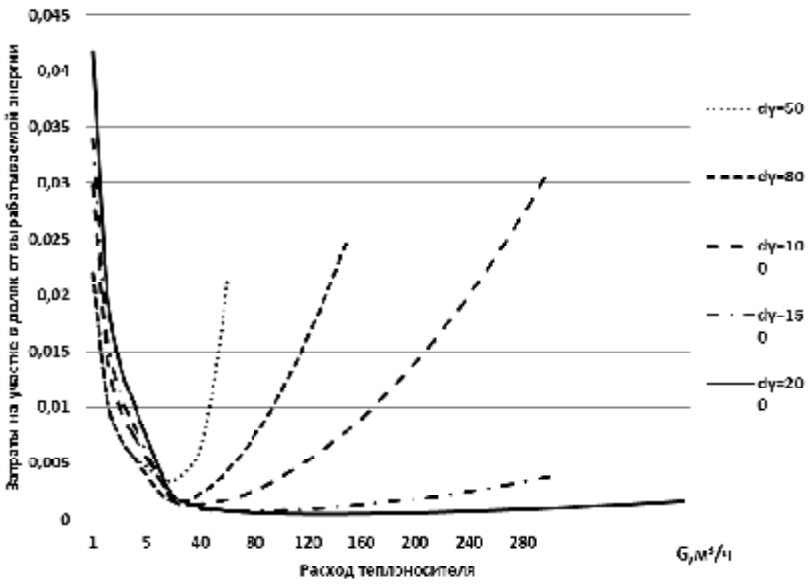


Рис. 2. Зависимость удельных затрат на участке тепловой сети от величины расхода теплоносителя

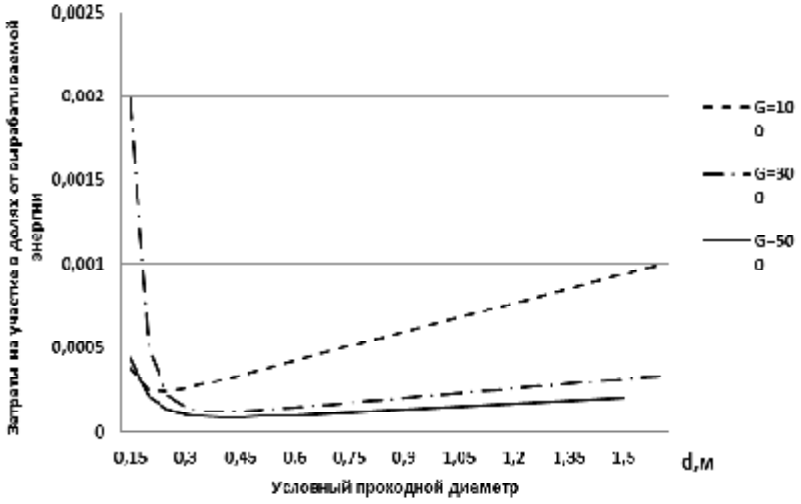


Рис. 3. Зависимость удельных затрат на участке тепловой сети от величины диаметра участка

Таблица 1

Результаты расчетов оптимальных расходов на действующих участках тепловой сети

Диаметр участка	Коэффициент, зависящий от экв. шероховатости	Длина участка	Тепловые потери для диаметра *d*	Оптимальный расход т/н	Фактический расход т/н
d, мм	A_r, м^{0,25}	*l*, м	*q*, Вт/м	$G_{опт}$, м³/ч	*G*, м³/ч
50	0,000025	89	31,86	10,2	6,5
80	0,000025	45	40,7	17,8	12,4
100	0,000025	30	44,53	25,4	22,3
150	0,000025	55	51,02	50,3	44,9
200	0,000025	200	61,8	102,9	95,8

Таблица 2

Результаты расчетов оптимальных диаметров действующих участках тепловой сети

Фактический расход т/н	Коэффициент, зависящий от экв. шероховатости	Длина участка	Оптимальный диаметр участка
G, м³/ч	A_r, м^{0,25}	l, м	$d_{опт}$, м
110	0,000027	100	250
325	0,000024	100	400
488	0,000022	100	500

При оптимизации параметров системы теплоснабжения, при введении коэффициента соотношения тарифов, необходимо также учитывать некоторые условия перераспределения долей затрат той или иной энергии в зависимости от их текущих цен. Данное условие позволит достичь минимальных значений потерь и тем самым, уменьшить эксплуатационные затраты в тепловой сети. Главным эффектом от проведенной оптимизации является возможность снизить расчетный температурный график, что приведет к экономии природного газа на источнике и снижению себестоимости тепловой энергии. Помимо этого, снижение температуры теплоносителя в подающем трубопроводе 130°С на 115°С или ниже, позволит уменьшить температурные напряжения трубопроводов тепловых сетей, обусловленные снижением термических расширений материала трубопроводов.

Разработка метода оптимизации температурных графиков систем теплоснабжения

В последние годы активно обсуждаются вопросы по оптимизации температурного графика регулирования нагрузки с целью оптимизирования потребления энергоресурсов на теплоисточнике в соответствии с потребностями потребителей [12-14]. В законодательстве, включая различные нормативные и регламентирующие документы, отсутствуют нормативы и методические указания по разработке температурного графика теплоснабжающей организации, а также обязанность органа местного самоуправления утверждать его или согласовывать. Как указано в МДК 4-03.2001 «Методики определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения», утверждать температурный график должна теплоснабжающая организация. Согласно указанным пунктам данной методики теплоснабжающая организация утверждает режимы отпуска тепловой энергии источником теплоты, график регулирования тепловой нагрузки, а также график отпуска тепловой энергии в зависимости от температуры наружного воздуха.

Корректировка температурного графика фактически ведет к централизованному качественно-количественному методу регулирования отпуска и потребления теплоты, как одного из направлений повышения энергетической эффективности в соответствии с требованиями, прописанными в Федеральном законе № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Для разработки и расчета скорректированного температурного графика была взята методика расчета криволинейного графика, описанная в [15]. Применительно к климату г. Казани можно рассчитать коэффициенты, определяющие долю качественного и количественного регулирования в общем, исходя из значений трех температур:

T_1 – точка на графике, на которой отсутствует теплоотдача отопительного прибора, т.е. температурой теплоносителя равна температуре воздуха помещения;

T_2 – точка излома температурного графика, равная 70°С;

T_3 – температура в подающем трубопроводе, равная расчетной при оптимальном расходе теплоносителя.

При оптимальных значениях расходов, выше фактических, соответственно максимальная температура в подающем трубопроводе по оптимальному температурному графику будет ниже фактической, что приведет к изменению температурного графика на пониженный. После чего определяется оптимальный коэффициент смешения теплопотребляющих установок и проводят перерасчет температур сетевой воды относительно температур наружного воздуха, при условии сохранения расчетной температуры теплоносителя во внутренних системах отопления ($t^p_{с.о.}$).

Расчет максимальной температуры проводится по классической формуле:

$$Q = \frac{G_{опт}(t_n^p - t_o^p)}{r_в}, \quad (7)$$

здесь $t_o^p = 65^oC$ – расчетная температура в обратном трубопроводе тепловой сети.

Тогда максимальная расчетная температура в подающем трубопроводе из (7):

$$t_n^p = \frac{r_в Q}{G_{опт}} + t_o^p. \quad (8)$$

Температура в подающем трубопроводе в зависимости от относительной тепловой мощности системы отопления записывается в виде квадратичного уравнения:

$$t_n = aq^2 + bq + c, \quad (9)$$

где q – относительная тепловая мощность системы отопления; a, b и c – коэффициенты, зависящие от максимальной расчетной температуры в подающем трубопроводе (рассчитываются с помощью табличных редакторов).

Температура теплоносителя в обратном трубопроводе рассчитывается в зависимости от t_n по формуле:

$$t_o = \frac{(t_o^p - 20)(t_1 - 20)}{(t_n^p - 20)} + 20, \quad (10)$$

где t_0 – отклонение от прямолинейного графика.

Температура теплоносителя в системе отопления рассчитывается по формуле:

$$t_{с.о.} = \frac{(t^p_{с.о.} - 20)(t_1 - 20)}{(t_n^p - 20)} + 20. \quad (11)$$

Данные температуры составляют оптимальный температурный график теплоисточника и потребителя.

Заключение

1. Разработан метод оптимизации параметров систем централизованного коммунального теплоснабжения с использованием разработанных математических зависимостей нахождения оптимальных параметров тепловой сети от теплоисточника до потребителя.

2. При определении оптимальных параметров системы теплоснабжения необходимо учитывать значения тарифов на энергоресурсы и с учетом этого определять резервы и издержки для их экономии. Соответственно максимальная экономия энергоресурсов будет зависеть не только от сэкономленного количества, но и от цены на энергоресурсы.

3. Разработана методика определения температурного графика регулирования нагрузки с целью оптимального потребления энергоресурсов на теплоисточнике. Существует возможность снизить расчетный температурный график, что приведет к экономии природного газа на источнике и снижению себестоимости тепловой энергии.

4. Данный подход в оптимизации систем теплоснабжения позволит выбрать наиболее энергоэффективный, рациональный и оптимальный вариант при строительстве новых и модернизации действующих тепловых сетей.

Список библиографических ссылок

1. Rafalskaya T. A. Investigation of failures in operation of heat networks of large heat supply systems // Thermal Engineering. Vol. 64. Iss. 4. P. 313–317.

2. Elmegaard B., Ommen T. S., Markussen M., Iversen J. Integration of space heating and hot water supply in low temperature district heating // Energy and Buildings. 2016. Vol. 124. P. 255–264.
3. Korotkova T. I., Popova V. I. Multicriteria hierarchical iterative interactive algorithm for organizing operational modes of large heat supply systems // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 891. Iss. 1. article id. 012164.
4. Bolonina A. Analysis of the Impact of Decreasing District Heating Supply Temperature on Combined Heat and Power Plant Operation // Environmental and Climate Technologies. 2014. Vol. 14. Iss. 1. P. 41–46.
5. Bożena Babiarz. Reliability of Heat Supply Subsystem // Directory of Open Access Journals. 2015. Vol. 35. Iss. 1. P. 15–22.
6. Möller B., Nielsen S. High resolution heat atlases for demand and supply mapping // International Journal of Sustainable Energy Planning and Management. 2014. Vol. 01. P. 41–58.
7. Harrestrup M., Svendsen S. Planning of the district heating system in copenhagen from an economic perspective comparing energy-savings versus fossil-free supply // Paper presented at 13th International Symposium on District Heating and Cooling, September 3-4, 2012, Copenhagen, Denmark.
8. Меренков А. П., Хасилев В. Я., Теория гидравлических цепей. М. : Наука, 1985. 280 с.
9. Авсюкевич А. Д. Энергоэффективность и энергосбережение в системах теплоснабжения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 2. С. 40–54.
10. Соломин И. Н., Даминов А. З., Караева Ю. В., Садыков Р. А. Значение коэффициента соотношения тарифов тепловой и электроэнергии в оптимизации параметров системы теплоснабжения // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 186–191.
11. Соломин И. Н., Даминов А. З. Влияние механизма тарифообразования на энергосберегающие мероприятия и оптимизацию системы теплоснабжения // Труды Академэнерго. 2013. № 4. С. 51–60.
12. Байбаков С. А., Филатов К. В. Оптимизация температурного графика тепловых сетей // Энергетик. 2012. № 11. С. 26–30.
13. Баймачев Е. Э., Манзарханова Л. М., Туфанова М. В., Левицкий А. И. Оптимизация температурного графика централизованного теплоснабжения по критерию минимума затрат эксергии // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6 (101). С. 68–72.
14. Ротов П. В. О зонировании температурного графика центрального регулирования нагрузки теплофикационных систем // Промышленная энергетика. 2013. № 6. С. 21–25.
15. Сапрыкин И. М. О режимах регулирования отпуска теплоты // Новости теплоснабжения. 2010. № 6 (118). С. 40–48.

Solomin Ilia Nikolaevich
chief project engineer
E-mail: solil1@yande.ru
ZAO «NPP «Compressor»
The organization address: 420054, Russia, Kazan, Aktayskaya st., 21
Daminov Ayrat Zaudatovich
candidate of technical sciences, head of laboratory
E-mail: daminov@list.ru
Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the RAS»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Lobachevsky st., 2/31
Sadykov Renat Ahatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Optimization of operation modes and parameters of centralized district heating systems

Abstract

Problem statement. The work is aimed at the development of optimization solutions for increasing the energy efficiency of heat networks of closed district heating systems.

Results. The method of calculation and design of pipeline heat supply systems is developed, where the main part is the developed method for determining the optimal parameters of the heat supply system from the source to the consumer and the methodology for determining the temperature schedule of load regulation with the aim of optimizing energy consumption on the heat source.

Conclusions. The significance of the results obtained for heat supply systems is that it is possible to achieve minimum losses and operating costs in a heat network. The effect of optimization is the ability to reduce the calculated temperature schedule, which will result in saving natural gas at the source and reducing the cost of thermal energy. These methods will allow to choose the most energy efficient, rational and optimal design solutions when building new and modernizing existing district heating systems.

Keywords: heat supply system, optimization, method, mathematical model.

References

1. Rafalskaya T. A. Investigation of failures in operation of heat networks of large heat supply systems // Thermal Engineering. Vol. 64. Iss. 4. P. 313–317.
2. Elmegaard B., Ommen T. S., Markussen M., Iversen J. Integration of space heating and hot water supply in low temperature district heating // Energy and Buildings. 2016. Vol. 124, P. 255–264.
3. Korotkova T. I., Popova V. I. Multicriteria hierarchical iterative interactive algorithm for organizing operational modes of large heat supply systems // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 891. Iss. 1. article id. 012164.
4. Bolonina A. Analysis of the Impact of Decreasing District Heating Supply Temperature on Combined Heat and Power Plant Operation // Environmental and Climate Technologies. 2014. Vol. 14. Iss. 1. P. 41–46.
5. Bożena Babiarz. Reliability of Heat Supply Subsystem // Directory of Open Access Journals. 2015. Vol. 35. Iss. 1. P. 15–22.
6. Möller B., Nielsen S. High resolution heat atlases for demand and supply mapping // International Journal of Sustainable Energy Planning and Management. 2014. Vol. 01. P. 41–58.
7. Harrestrup M., Svendsen S. Planning of the district heating system in copenhagen from an economic perspective comparing energy-savings versus fossil-free supply// Paper presented at 13th International Symposium on District Heating and Cooling, September 3-4, 2012, Copenhagen, Denmark.
8. Merenkov A. P., Hasilev V. Ya. Theory of hydraulic circuits. M. : Nauka, 1985. 280 p.
9. Avsyukevich A. D. Energy efficiency and energy savings in heating // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. № 2. P. 40–54.
10. Solomin I. N., Daminov A. Z., Karaeva J. V., Sadykov R. A. The coefficient of correlation of heat and electricity tariffs in optimizing the parameters of the heat supply system // Izvestiya KGASU. 2013. № 4 (26). P. 186–191.
11. Solomin I. N., Daminov A. Z. Influence of the mechanism of tariff formation on energy-saving measures and optimization of the heat supply system // Trudy Academenergo. 2013. № 4. P. 51–60.
12. Baibakov S. A., Filatov K. V. Optimization of the temperature graph of heat networks // Energetik. 2012. № 11. P. 26–30.
13. Baimachev E. E., Manzarkhanova L. M., Tufanova M. V., Levitsky A. I. Optimization of the temperature graph of centralized heat supply based on the criterion of the minimum cost of exergy // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. № 6 (101). P. 68–72.
14. Rotov P. V. On the zoning of the temperature graph of central regulation of the load of heating systems // Promyshlennaya energetika. 2013. № 6. P. 21–25.
15. Saprykin I. M. About regimes of heat release regulation // Novosti teplosnabgeniya. 2010. № 6 (118). P. 40–48.

УДК 628.16
Бусарев Андрей Валерьевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: reder1@myrambler.ru
Шешегова Ирина Геннадьевна
старший преподаватель
E-mail: ig-7@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Степанов Вадим Олегович
инженер
E-mail: 03101995-data@ro.ru
ООО «Строительная компания»
Адрес организации: 420029, Россия, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 34 А

Некоторые аспекты очистки стоков, образующихся при промывке скорых фильтров

Аннотация

Постановка задачи. При подготовке природных и сточных вод часто используются скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой. При промывке скорых фильтров с зернистой загрузкой образуются сточные воды, объем которых составляет 10-20 % от производительности фильтровальной станции. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках сильно колеблется и достигает, согласно литературных источников, 1200-1500 мг/л. Данная статья посвящена очистке промывных стоков от взвешенных веществ. Цель исследований – выявить качественные показатели промывных стоков скорых напорных фильтров с зернистой загрузкой, а также разработать технологию их очистки.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в определении качественных показателей в промывных стоках скорых фильтров в зависимости от содержания в исходной и очищенной воде взвешенных веществ, при различных технологических режимах промывки.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительства и жилищно-коммунального хозяйства заключается в определении качественных показателей промывных стоков скорых напорных фильтров, а также в разработке технологии их очистки, что позволит использовать промывные стоки в системах подготовки природных вод, а также сократить сброс загрязненных промывных стоков скорых фильтров в поверхностных источниках или системы водоотведения населенных пунктов.

Ключевые слова: промывные стоки скорых напорных фильтров, очистка промывных стоков скорых напорных фильтров, установка очистки промывных стоков, качественные характеристики промывных стоков, сокращение сброса промывных стоков.

Введение

При подготовке природных и сточных вод часто используются скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой. Фильтрующая загрузка у данных аппаратов может быть одно или многослойная [1, 2]. В скорых напорных фильтрах вода движется обычно сверху вниз. Регенерация их фильтрующего слоя осуществляется с помощью водяной или водовоздушной промывки. Для этих целей фильтрат или водопроводная вода, которая подается из специальной емкости насосами [1-3]. Водовоздушная промывка используется только в фильтрах с однослойной зернистой загрузкой [1, 3]. При промывке скорых фильтров с зернистой загрузкой образуются сточные воды, объем которых составляет 10-20 % от производительности фильтровальной станции [4]. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках, по данным СП 31.13330.2012 и [1, 2, 5], достигает 1200-1500 мг/л. При этом в ходе промывки концентрация взвеси в промывных стоках сильно колеблется [5].

Описание экспериментальной установки

На кафедре «Водоснабжения и водоотведения» (ВиВ) Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) проводились исследования по изучению качественных характеристик промывных стоков скорых напорных фильтров. Технологическая схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В состав установки входят емкость 1, модель скорого напорного фильтра 2, насос Н-1, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, а также система контрольно-измерительных приборов (КиП). Вода из водопровода по трубопроводу 3 поступает в емкость 1, откуда она насосом Н-1 по трубопроводу 4 подается в модель скорого напорного фильтра 2. Во всасывающую линию насоса Н-1 по трубопроводу 5 подается суспензия, искусственно загрязняющая водопроводную воду. Расход воды, поступающий в модель фильтра 2, измеряется с помощью расходомера Р-1. Трубопровод 4 оборудован манометром М-1 для контроля давления на входе в модель фильтра 2, а также пробоотборником ПР-1 для отбора проб воды, поступающей на очистку.

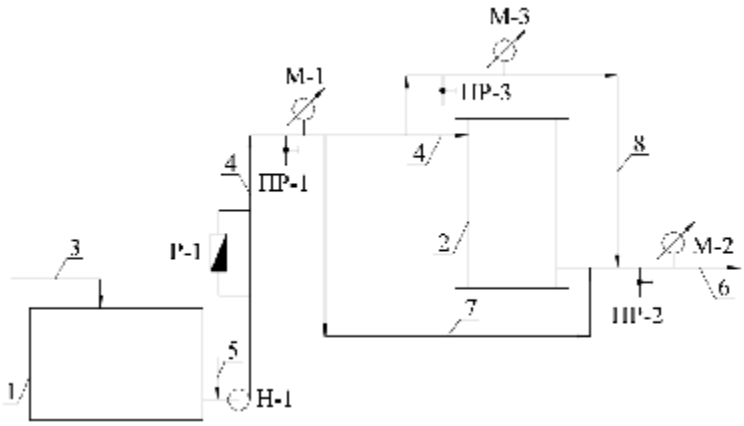


Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной установки

Схема загрузки модели скорого фильтра представлена на рис. 2.

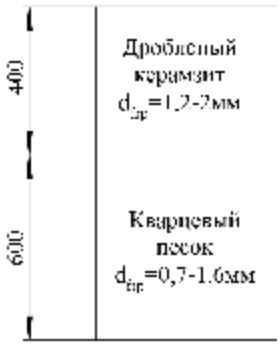


Рис. 2. Схема загрузки модели скорого напорного фильтра

Очищенная вода под остаточным давлением отводится в канализацию по трубопроводу 6. Этот трубопровод оборудован манометром М-2 для измерения давления на выходе из напорного фильтра 2, а также пробоотборником ПР-2 для отбора проб очищенной воды.

Промывка модели фильтра осуществляется водопроводной водой, которая подается насосом Н-1 из емкости 1 по трубопроводу 7. Вода на промывку в модель фильтра 2 подается под давлением, равным рабочему давлению на входе в этот аппарат.

Загрязненные промывные стоки отводятся от модели фильтра 2 под остаточным давлением по трубопроводу 8 в канализацию. Трубопровод 8 оборудован манометром М-3

для измерения остаточного давления промывных стоков, а также пробоотборником ПР-3 для отбора проб этих сточных вод. После 8 часов работы модели фильтра 2 осуществляется его промывка в течение 10 минут [3]. Через 2 минуты после начала промывки отбирается проба воды из пробоотборника ПР-3. Данная операция повторяется с интервалом 2 минуты в течение всей промывки.

Результаты исследований

В отобранных пробах воды определялась концентрация взвешенных веществ весовым методом по методике, изложенной в работе [6].

Результаты исследований представлены в табл. 1-1а.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

№	Давление, МПа		Скорость фильтрования, м/ч	Интенсивность промывки, л/(с·м^2)	Концентрация взвеси, мг/л	
	на входе в скорый фильтр	на выходе из скорого фильтра			в исходной воде	в очищенной воде
1	2	3	4	5	6	7
1	0,2	0,16	7	14	45 44 46	9 9 10
	0,21	0,17	7	15	49 45 48	10 9 10
	0,19	0,15	7	16	50 51 47	10 11 10
2	0,19	0,16	8	14	52 46 48	10 10 10
	0,21	0,15	8	15	50 47 45	11 10 10
	0,2	0,17	8	16	47 51 46	10 11 10
3	0,18	0,14	9	14	50 47 48	15 14 14
	0,2	0,16	9	15	51 47 46	16 16 15
	0,19	0,16	9	17	48 49 46	16 17 17

Таблица 1а

Результаты экспериментальных исследований (продолжение)

№	Давление при промывке, МПа		Концентрация взвеси, мг/л,				
	на входе в скорый фильтр	на выходе из скорого фильтра	через 2 мин	через 4 мин	через 6 мин	через 8 мин	через 10 мин
1	8	9	10	11	12	13	14
1	0,21	0,15	1237	1135	829	584	98
	0,19	0,16	1189	997	734	513	71
	0,2	0,16	1106	874	642	469	52
2	0,2	0,15	1184	1086	775	525	89
	0,21	0,15	1102	951	683	486	67
	0,21	0,16	1063	812	606	420	48
3	0,21	0,16	1111	1010	721	492	75
	0,19	0,15	1028	882	637	419	59
	0,19	0,16	984	737	562	370	44

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы:

а) концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на очистку, находилась в пределах 44-51 мг/л, а содержание взвеси в очищенной воде не превышало 9-17 мг/л;

б) концентрация взвешенных веществ в промывных стоках находится в пределах от 44 до 1237 мг/л;

в) по ходу промывки фильтрующей загрузки скорых напорных фильтров концентрация взвеси в промывных стоках снижается почти в 30 раз;

г) увеличение скорости фильтрования ведет к снижению содержания взвеси в промывных стоках;

д) с ростом интенсивности промывки концентрация взвеси в стоках от промывки скорых напорных фильтров уменьшается.

Установки очистки промывных стоков

Перед очисткой промывных стоков необходимо их усреднение по концентрации.

Согласно СП 31.13330.2012 образующиеся при промывке скорых фильтров стоки рекомендуется очищать методом отстаивания в песколовках и горизонтальных отстойниках.

Авторы работы [5] предлагают использовать для очистки промывных стоков барабанные вакуум-фильтры, куда эти сточные воды направляются после усреднения их концентрации.

Компания «Waterman» для очистки промывных стоков предлагает использовать осветлители со взвешенным слоем или тонкослойные отстойники [7].

Авторы работ [8-11] считают, что для очистки стоков от взвеси, в том числе и промывных, возможно использовать напорные гидроциклоны.

КГАСУ также ведет исследования процессов очистки сточных вод от промывки скорых фильтров в напорных двупродуктовых цилиндроконических гидроциклонах, диаметр которых составляет от 40 мм до 100 мм.

В этих аппаратах под действием сил центробежного поля, возникающего за счет тангенсального ввода воды в цилиндроконический корпус напорных гидроциклонов, взвешенные вещества, как более тяжелая фаза, отбрасываются к их стенкам и вместе с частью воды выводятся через нижние сливные отверстия напорных гидроциклонов (нижний слив). Очищенная вода восходящим аксиальным потоком выносится через верхние сливные отверстия напорных гидроциклонов (верхний слив) [12].

Напорные гидроциклоны могут работать со свободным изливом, когда вода с их сливов поступает в безнапорный резервуар, или с противодавлением на сливах, если в этом резервуаре поддерживается избыточное давление [12]. При работе с противодавлением на сливах, разность давлений на входе в напорные гидроциклоны и на выходе из этих аппаратов, по данным КГАСУ, должна быть не менее 0,2 МПа, что обеспечивает достаточно высокую эффективность очистки стоков от взвешенных веществ. Кроме того, данный режим работы напорных гидроциклонов позволяет осуществлять транспортировку очищенной воды и шлама на достаточно большие расстояния.

Для повышения производительности напорных гидроциклонов их объединяют в батареи, в которых данные аппараты устанавливаются по два в ряд или по кругу. К сожалению, напорные гидроциклоны являются малоинерционными аппаратами, т.е. даже незначительное изменение технологических параметров значительно влияет на режим и эффективность их работы [12]. Чтобы избежать этого в КГАСУ были разработаны установки типа «блок гидроциклон-отстойник» (БГО), в которых вода после обработки ее в напорных гидроциклонах направляется в отстойники различных конструкций. При этом на дополнительную очистку от взвешенных веществ в отстойники направляется верхний слив гидроциклонов (очищенная вода). Нижний слив гидроциклонов (вода сильно загрязненная взвешенными веществами – шлам) отводится на песковые площадки, в песковые бункера или другие типы шламонакопителей.

В установках типа БГО, где используются горизонтальные или вертикальные отстойники, которые работают в напорном или безнапорном режиме, концентрация взвешенных веществ в сточной воде может быть снижена с 200 мг/л до 50 мг/л [12].

Использование для установок типа «блок гидроциклон-отстойник» горизонтальных отстойников позволяет эффективно осуществлять очистку сточных вод от взвешенных веществ. Применение для аппаратов типа БГО вертикальных отстойников упрощает процесс удаления из них осадка, образующегося в процессе очистки промывных стоков от взвеси. На рис. 3 представлена схема установки типа БГО, которая может быть использована для очистки промывных стоков от взвешенных веществ. В состав установки типа БГО входят батарея напорных гидроциклонов конструкции КГАСУ 1 и напорный горизонтальный тонкослойный отстойник 2. Промывные стоки под избыточным давлением по трубопроводу 3 подаются в установку типа БГО. Нижний слив гидроциклонов под избыточным давлением отводится от батареи 1 в шламонакопитель по трубопроводу 4. Верхний слив гидроциклонов под избыточным давлением по трубопроводу 5 поступает в отстойник 2.

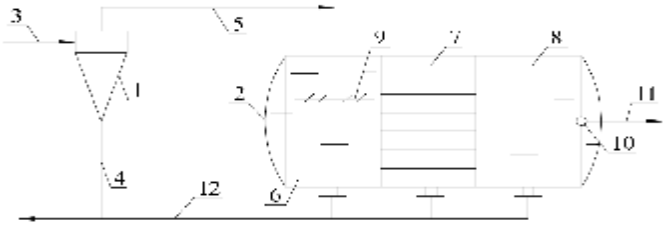


Рис. 3. Технологическая схема установки типа БГО

Отстойник 2 перегородками разделен на три отсека: отсек с предварительного отстаивания 6, отсек с тонкослойным блоком 7 и отсек дополнительного отстаивания 8. В отсеке 6 размещается распределительная система 9, которая представляет собой коллектор с двойными ответвлениями. На них в шахматном порядке располагаются отверстия. В отсеке 7 размещается тонкослойный блок, а в отсеке 8 – система сбора очищенной воды 10, которая представляет собой перфорированный трубопровод. Очищенная вода под остаточным давлением отводится из отстойника 2 по трубопроводу 11. Осадок, накапливающийся в отстойнике 2, под избыточным давлением периодически отводится по трубопроводу 12. Данная установка позволяет снизить в промывных стоках концентрацию взвешенных веществ с 1200 мг/л до 40 мг/л.

Промывные стоки скорых напорных фильтров также могут быть очищены в установках типа «блок гидроциклон – цилиндроконические камеры - отстойник» (БГКО). В данной установке очистка сточной воды от взвешенных веществ осуществляется с использованием закрученных потоков. Концентрация взвешенных веществ в стоках снижается с помощью БГКО с 200 мг/л до 50 мг/л [12].

Еще одним аппаратом, который может использоваться для очистки промывных стоков скорых фильтров от взвешенных веществ является гидроциклонно-фильтровальная установка (ГФУ). Ее технологическая схема представлена на рис. 4.

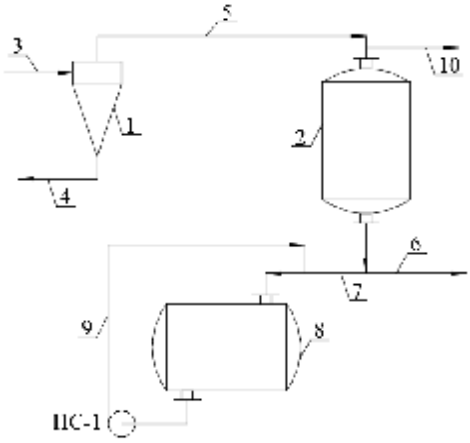


Рис. 4. Технологическая схема гидроциклонно-фильтровальной установки

Установка типа ГФУ включает батарею напорных гидроциклонов конструкции КГАСУ 1, скорый напорный фильтр с двухслойной зернистой загрузкой 2, соединительные трубопроводы, запорно-регулирующую арматуру и насосы. Промывные стоки подаются в ГФУ под избыточным давлением по трубопроводу 3. Нижний слив гидроциклонов под избыточным давлением отводится в шламонакопитель по трубопроводу 4. Верхний слив гидроциклонов под избыточным давлением по трубопроводу 5 подается в скорый напорный фильтр 2. Очищенная вода под остаточным давлением отводится от ГФУ по трубопроводу 6. Часть очищенной воды по трубопроводу 7 под избыточным давлением поступает в емкость 8, откуда она насосом Н-1 по трубопроводу 9 подается на промывку фильтра 2. Загрязненная промывная вода под остаточным давлением отводится по трубопроводу 10. Она может смешиваться с промывными стоками, подаваемыми на очистку в ГФУ. Концентрация взвешенных веществ в промывных стоках снижается с помощью ГФУ со 150 мг/л до 10 мг/л.

Недостатком установки типа ГФУ является необходимость промывать скорые напорные фильтры, а значит и необходимость иметь для этого емкость для промывной воды и насос.

Заключение

Проведенные исследования показали, что в промывных стоках скорых напорных фильтрах концентрация взвешенных веществ не превышает 1250 мг/л. Очистка промывных стоков скорых фильтров от взвешенных веществ может эффективно производится с использованием напорных цилиндроконических гидроциклонов.

Список библиографических ссылок

1. Кожинов В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. М. : Стройиздат, 2005. 303 с.
2. Кичигин В. И. Водоотводящие системы промышленных предприятий. Самара : СГАСУ, 2004. 504 с.
3. Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Калицун В. И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М. : Альянс, 2008. 255с.
4. Адельшин А. Б., Нуруллин Ж. С., Бусарев А. В., Шешегова И. Г., Хамидуллина А. А. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани // Известия КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 168–173.
5. Алферова Л. И., Курочкин Е. Ю., Дзюбо В. В. Использование промывных вод. Повторное использование промывных вод и утилизация осадка на станциях очистки подземных вод // Сантехника. 2006. № 1. С. 4–10.
6. 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.
7. Очистка и повторное использование промывной воды // сайт компании «Waterman». 2014. URL: http//www.waterman.ru/articles/napravleniya-vodopodgotovki/ochistka-vody-istem-vodopodgotovki (дата обращения: 14.09.18).
8. 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.
9. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 25–30.
10. Zhu G., Liov J. L. Experimental stadu of particle separaitionand the fishhook effect in minihydrocyclone. Chemical Engeneering Science. 2014. V. 111. P. 94–105.
11. Xu P., Wu Z., Mujumdar A. S., Yu B. Innovative hydrocyclone unter desings to reduced wear in mineral dewatering processed. Dryng technology. 2011. V. 27. P. 1–11.
12. Адельшин А. А., Адельшин А. Б., Урмитова Н. С., Береговая В. А., Минюшов Л. Р. Полноблочная установка гидродинамической очистки нефтепромысловых сточных вод с использованием закрученных потоков // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 192–201.

Busarev Andrey Valerevich
candidate of the technical sciences, assistant professor
E-mail: reder1@myrambler.ru
Sheshegova Irina Gennadievna
senior lecturer
E-mail: ig-7@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Stepanov Vadim Olegovich
engineer
E-mail: 03101995-data@ro.ru
LTD « Stroitel'naya kompaniya»
The organization address: 420029, Russia, Kazan, Sibirskiy Trakt st., 34 A

Some aspects of wastewater treatment, formed during the washing of fast filters

Abstract

Problem statement. In the preparation of natural and waste water, rapid pressure filters with granular loading are often used. When washing fast filters with granular loading, sewage is formed which amounts to 10-20 % of the capacity of the filter station. The concentration of suspended solids in washings varies greatly and reaches 1,200-1,500 mg/l according to literature sources. This article is devoted to the purification of washings from suspended solids. The purpose of the research is to reveal the qualitative characteristics of the washing effluents of the fast pressure filters with granular loading, and also to develop a technology for their purification.

Results. The main results of the study consist in determining the qualitative indices in the washing effluents of the fast filters, depending on the content of suspended solids in the initial and purified water under various technological washing regimes.

Conclusions. The significance of the results obtained for the housing and communal services is to determine the qualitative indicators of the washing effluents of the fast pressure filters and also to develop a technology for their purification that will allow the use of washings in the systems for the preparation of natural waters, as well as to reduce the discharge of contaminated washing effluents of the fast filters in surface sources or drainage system of settlements.

Keywords: wastewater of fast pressure filters, purification of washing effluents of fast pressure filters, purification waste water treatment plant, qualitative characteristics of washings, reduction of discharge of washings.

References

1. Kozhinov V. F. Purification of drinking and technical water. M. : Stroyizdat, 2005. 303 p.
2. Kichigin V. I. Drainage systems of industrial enterprises. Samara: SGASU, 2004. 504 p.
3. Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Kalitsun V. I. Examples of calculations of sewage facilities. M. : Al'yans, 2008. 255 p.
4. Adelshin A. B., Nurullin J. S., Busarev A. V., Sheshegova I. G., Khamidullina A. A. Some aspects of the drinking-water supply Kazan // Izvestiya KGASU. 2013. № 1 (23). P. 168–173.
5. Alferova L. I., Kurochkin Ye. Yu., Dzyubo V. V. Use of washing water. Reuse of washing water and utilization of sludge at groundwater treatment stations // Santekhnika. 2006. № 1. P. 4–10.
6. Kalitsun V. I., Laskov Yu. M., Voronov Yu. V., Alekseyev Ye. V. Laboratory workshop on wastewater disposal and treatment. M. : Stroyizdat, 2000. 272 p.
7. Purification and reuse of washing water // the site of the company «Waterman». 2014. URL: http//www.waterman.ru/articles/napravleniya-vodopodgotovki/ochistka-vody-istem-vodopodgotovki (reference date: 14.09.18).

8. 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.
9. Dueck I., Farghaly M., Neesse Th. The theoretical partition curve of the hydrocyclone. Minerals Engineering. 2014. V. 62. P. 25–30.
10. Zhu G., Liov J. L. Experimental stadu of particle separaitionand the fishhook effect in minihydrocyclone. Chemical Engeneering Science. 2014. V. 111. P. 94–105.
11. Xu P., Wu Z., Mujumdar A. S., Yu B. Innovative hydrocyclone unter desings to reduced wear in mineral dewatering processed. Dryng technology. 2011. V. 27. P. 1–11.
12. Adelshin A. A., Adelshin A. B., Urmitova N. S., Beregovaya V. A., Minyushov L. R. Full-block installation of hydrodynamic cleaning of oilfield sewage with the use of swirled flows // Izvestiya KGASU. 2013. № 4 (26). P. 192–201.

УДК 625.855.3, 625.851
Лупанов Андрей Павлович
доктор технических наук, профессор, генеральный директор
E-mail: abz4@abz4.ru
АБЗ-4 «Капотня»
Адрес организации: 109429, Россия, г. Москва, ул. Верхние Поля, д. 54
Суханов Алексей Сергеевич
кандидат технических наук, генеральный директор
E-mail: dorexpert@yandex.ru
ООО «Дорэксперт»
Адрес организации: 109429, Россия, г. Москва, ул. Верхние Поля, д. 54, стр. 1
Силкин Вячеслав Васильевич
кандидат технических наук, профессор
E-mail: vvsilkin@mail.ru
Козиков Игорь Олегович
аспирант
E-mail: i-kozikov@mail.ru
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
Адрес организации: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 64
Ильина Ольга Николаевна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ilina@kgasu.ru
Казанский архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Исследование влияния асфальтового гранулята на свойства литого асфальтобетона

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования являлось определение влияния асфальтового гранулята и добавки «Sasobit» на свойства литых асфальтобетонных смесей.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в улучшении физико-механических свойств литого асфальтобетона при снижении температуры приготовления и укладки асфальтобетонных смесей на 20°С, за счет введения асфальтового гранулята и добавки «Sasobit» в количестве 0,3 % от массы вяжущего.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной области состоит в обеспечении качества производства литых асфальтобетонных смесей при снижении их стоимости, а также в создании условий для увеличения объемов производства литого асфальтобетона для строительства, ремонта и реконструкции автомобильных дорог.

Ключевые слова: асфальтовый гранулят, литой асфальтобетон, асфальтобетонный завод, литые асфальтобетонные смеси, битум, глубина вдавливания штампа, водонасыщение, подвижность смеси, экономическая эффективность.

Введение

В настоящее время в России и за рубежом расширяется производство литых асфальтобетонных смесей при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог:

· покрытий и слоев дорожных покрытий;

· покрытий на мостах, эстакадах, путепроводах и тротуарах;

· покрытий в зоне межрельсового пространства трамвайных путей.

По данным Международной Ассоциации производителей литой асфальтобетона (IMAA) только в Европе ежегодно производится от 800 тыс. до 1 млн. тонн литых асфальтобетонных смесей. В последнее время большое внимание уделяется экологичности литого асфальтобетона, снижению энергозатрат, а также снижению температуры производства и укладки асфальтобетонных смесей ниже 230°С. В этих целях проводятся исследования по введению в литые асфальтобетонные смеси модифицирующих добавок, при этом особое внимание уделяется улучшению физико-

механических показателей (литой асфальтобетонной) смеси и снижению выбросов вредных веществ до максимально разрешенных экологическим законодательством [1].

Классификация и область применения литых смесей

В России свойства литого асфальтобетона нормируется двумя документами ГОСТ Р 54401-2011 «Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования» и ТУ 5718002-04000633-2006 «Смеси асфальтобетонные литые и литой асфальтобетон. Технические условия», в соответствии с которыми, типы литых смесей и область их применения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация и область применения литых смесей

Нормативный документ	Тип смеси	Новое строительство	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Тротуары, отмостки вокруг зданий и велосипедные дорожки
ГОСТ Р 54401-2011	I	+	+	+	-
	II	+	+	+	+
	III	-	-	-	+
ТУ 5718002-04000633-2006	I	+	+	-	-
	II	+	+	-	-
	III	+	+	-	-
	IV	-	-	-	+
	V	-	-	+	-

Литые асфальтобетонные смеси от обычных горячих смесей отличается повышенным содержанием вяжущего и минерального порошка, более высокой температурой (210-230°С) при приготовлении и укладке. Преимущества литого асфальтобетона: высокая плотность, износостойкость, коррозийная стойкость. Благодаря этим свойствам, литой асфальтобетон хорошо воспринимает динамические нагрузки и в последние годы, стал незаменимым материалом для покрытий на мостах. К недостаткам литого асфальтобетона следует отнести низкую стойкость к статическим нагрузкам, высокую себестоимость, а также необходимость применения специальных термо-миксеров для доставки и укладки смеси.

Для улучшения работы литого асфальтобетона под воздействием статических нагрузок необходимо применять более вязкие битумы марки БНД 40/60 или полимерно-битумные вяжущие (ПБВ). Учитывая, что стоимость ПБВ может в полтора-два раза превышать стоимость битума, а битумы с пенетрацией ниже 60 выпускаются достаточно редко, приходится искать иные способы повышения прочности литого асфальтобетона. Одним из таких способов является применение асфальтового гранулята в составе смеси. Влияние асфальтового гранулята на свойства асфальтобетона связано со старением битума в составе гранулята. Старение проявляется в повышении вязкости битума и, соответственно, в повышении прочности и снижении деформативности асфальтобетона [2].

В соответствии с ГОСТ Р 54401-2011 в литые асфальтобетонные смеси допускается использование асфальтобетонного гранулята в количестве:

· не более 10 % от массы смеси для устройства нижнего и верхнего слоя асфальтобетонного покрытия;

· не более 20 % от массы смеси для устройства выравнивающего слоя.

Показатели асфальтового гранулята

В целях качественного приготовления литой асфальтобетонной смеси важен учет особенностей асфальтового гранулята, связанных с его неоднородностью, поскольку при разборке покрытия и складировании гранулята происходит перемешивание материалов с различных объектов.

В табл. 2 приведены данные по содержанию компонентов в асфальтовом грануляте, поступившем на АБЗ-4 «Капотня» после фрезерования с 19 объектов капитального ремонта в г. Москве в течении нескольких лет.

Таблица 2

Содержание компонентов и показатели однородности асфальтового гранулята

Показатели	Щебень 5-20	Песок	Минеральный порошок (<0,071 мм)	Битум (> 100 %)
Среднее содержание компонентов в выборке, %	33,8	56,2	10,0	5,9
Среднее квадратическое отклонение	14,7	13,7	2,5	0,8
Процент вариации, %	43,5	24,4	25,0	13,6

Обработка этих данных методом определения среднеего квадратического отклонения и средней арифметической вариационного ряда (процентным отношением среднеквадратического отклонения к среднеарифметической величине) показала, что коэффициент вариации по содержанию щебня, песка, минерального порошка и битума в исследуемых пробах составляют порядка 44 %, 24 %, 25 % и 14 % соответственно. Было установлено, что повышение однородности исходного гранулята можно добиться за счет его предварительного дробления и сортировки [3]. Опыт АБЗ-4 «Капотня» показал, что после дробления и рассева старого асфальтобетона в молотковой дробилке неоднородность содержания песчаных фракций и битума снижается. Однако по содержанию минерального порошка (частиц менее 0,071 мм) коэффициент вариации остается высоким, на уровне 32,6 %, что указано в табл. 3.

Таблица 3

Содержание компонентов и показатели однородности асфальтового гранулята после дробления и рассева

Показатели	Щебень 5-20	Песок	Минеральный порошок (<0,071 мм)	Битум (> 100 %)
Среднее содержание компонентов в выборке, %	4,5	83,1	12,4	7,18
Среднее квадратическое отклонение	0,98	2,84	4,05	0,79
Процент вариации, %	21,8	3,4	32,7	11,0

Повышение однородности асфальтового гранулята возможно за счет дальнейшего тонкого измельчения гранул, рассева и выделения составляющих материалов путем применения оборудования с комплексным силовым воздействием на материал. В качестве такого оборудования на АБЗ-4 «Капотня» использовались аппарат электромагнитного измельчения и специальный гранулятор зарубежного производства.

В тоже время, при применении асфальтового гранулята наблюдается снижение технологических характеристик литой смеси. Для улучшения технологичности в смесь вводятся дефлегматоры – добавки, снижающие вязкость. Применение дефлегматоров позволяет сделать смесь удобоукладываемой, без заметного снижения прочности, а также уменьшить температуру нагрева, расход топлива и количество вредных выбросов в атмосферу. В настоящее время разработан ряд технологий с использованием таких добавок, обеспечивающих снижение температуры приготовления и укладки асфальтобетонных смесей без ухудшения прочностных характеристик покрытия [4-8]. В последнее время наиболее распространение получили добавки Sasobit, Lacomont BS100, AsphaltanB [9]. Добавка Sasobit – синтетический парафиновый воск, полученный путем газификации угля или природного газа (метана). Sasobit использовался в виде гранул или

порошка в мешках по 2,5 или 20 кг. При температуре выше 120°С Sasobit полностью растворяется в битуме [4].

Опытно-экспериментальные работы

На АБЗ-4 «Капотня» (Москва) были выполнены опытно-экспериментальные работы по оценке влияния добавки Sasobit на технологические свойства литых асфальтобетонных смесей, приготовленных с использованием асфальтобетонного гранулята при различных температурах. Для проведения опытно-экспериментальных работ была выбрана литая асфальтобетонная смесь V типа по ТУ 5718002-04000633-2006, поскольку в настоящее время именно эта смесь наиболее часто используется для аварийного ремонта в городских условиях. В ходе опытно-экспериментальных работ были использованы четыре состава литых асфальтобетонных смесей. Для подбора оптимального состава было сделано несколько серий составов, представленных в табл. 4 с последующим определением основных физико-механических показателей.

Таблица 4

Составы литых асфальтобетонных смесей

№ п/п	Наименование материала	Состав № 1 (контрольный)			Состав № 2 (30 % гранулята)			Состав № 3 (0,3 % Sasobit от массы вяжущего)			Состав № 4 (30 % гранулята + 0,3 % Sasobit от массы вяжущего)		
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
		Вяжущее сверх 100 %											
1	Гранулят мин. часть	0	0	0	30	30	30	0	0	0	30	30	30
2	Щебень	45	45	45	30	30	30	45	45	45	30	30	30
3	Песок	33	33	33	18	18	18	33	33	33	18	18	18
4	Минеральный порошок	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
5	Битум	7	9	11	5,5	7,5	9,5	6,979	8,973	10,967	5,479	7,473	9,467
6	Вторичный битум из гранулята	0	0	0	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,5	1,5	1,5
7	Sasobit	0	0	0	0	0	0	0,021	0,027	0,033	0,021	0,027	0,033
Всего вяжущего, %		7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11

Первый состав литой асфальтобетонной смеси V-типа приготовленный при стандартной температуре 200°С, полностью состоял из новых материалов (песок, щебень, минеральный порошок) и нового вяжущего (БНД 60/90) в количестве 7,9 и 11 %. Второй состав также приготавливался при стандартной температуре, но на ряду с новыми материалами использовалось 30 % асфальтового гранулята. В третий состав вводилась добавка Sasobit в количестве 0,3 %, после чего отдозированные компоненты тщательно перемешивались. В смесях, приготовленных по четвертому составу, применялся 30 % асфальтового гранулята и добавка Sasobit в количестве 0,3 % от количества битума.

Для сравнительных испытаний при выборе оптимального состава в качестве основных показателей свойств литого асфальтобетона определяли подвижность смеси и глубину вдавливания штампа. Результаты испытаний, приведенные в табл. 5 показали эффективность совместного применения асфальтового гранулята в количестве 30 % и добавки Sasobit в количестве 0,3 % от массы битума при приготовлении литых асфальтобетонных смесей.

Таблица 5

Физико-механические показатели литых асфальтобетонных смесей

Составы	Состав № 1 (контрольный)			Состав № 2 (30 % гранулята)			Состав № 3 (0,3 % Sasobit от массы вяжущего)			Состав № 4 (30 % гранулята + 0,3 % Sasobit от массы вяжущего)			Требования ТУ 5718-002-04000633-2006	
Содержание вяжущего, %	7	9	11	7	9	11	7	9	11	7	9	11		
Водонасыщение, % по объему	0,5	0,2	0,1	0,6	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0	0,5
Подвижность смеси при 200, мм	5	35	42	2	28	37	10	42	48	8	37	44	0	30
Глубина вдавливания штампа при температуре 40, мм	4,5	7,2	11	1,7	4,1	6,4	5	8,2	13	2,9	5,1	7,9	1	10

На основании проведенного испытания, было выявлено минимальное количество вяжущего и добавки, при которой обеспечивается требуемая подвижность смеси. Как видно из табл. 5 смеси с модификатором Sasobit для обеспечения требуемой подвижности требуют меньшего количества вяжущего, что дает возможность не только улучшить удобоукладываемость, но и уменьшить глубину вдавливания штампа. Перед испытанием на глубину вдавливания штампа, образцы в форме были помещены в сосуд для термостатирования в течении 1,5 ч при температуре +40±2°С, после чего образец был помещен в термостатирующий сосуд прибора и подведен под шток. В течении всего испытания температура воды в термостатирующем сосуде поддерживалась +40°С. Глубину вдавливания штампа (мм) определяли по шкале индикатора через 30 мин. действия нагрузки. Величина нагрузки составляла 52,5 кг. Проведенные испытания показали, что с увеличением количества вяжущего, возрастает величина деформации. Из табл. 5 видно, что наилучшие результаты по показателю глубина вдавливания штампа были получены у смесей с добавлением гранулята. По величине показателя водонасыщение, также можно судить о технологичности смеси, чем меньше водонасыщение, тем подвижнее (технологичнее) смесь.

Выполненные экономические расчеты показали, что применение 30 % в составе литых асфальтобетонных смесей асфальтового гранулята дает экономический эффект в размере 180-190 руб. на 1 т смеси. В тоже время, применение технологии приготовления и укладки асфальтобетонных смесей с добавлением асфальтового гранулята и добавки Sasobit, позволяет сэкономить на энергозатратах до 15 %, что дает экономический эффект в размере 20 руб., на 1 т. смеси при работе смесительной установки на природном газе.

Благодаря пластифицирующему эффекту от применения модификатора Sasobit в ряде случаев возможно снижение температуры выпускаемой смеси на 20-30°С, что способствует снижению выбросов загрязняющих веществ до 10 %. Снижение выбросов пока слабо отражается на размере платежей, однако в связи с ужесточением экологических требований эти платежи могут стать более существенными.

Заключение

1. Экспериментально установлено положительное влияние асфальтового гранулята совместно с парафиновой добавкой Sasobit на свойства литого асфальтобетона. Введение добавки Sasobit в количестве 0,3 % от массы битума с одновременным введением асфальтового гранулята позволяет улучшить физико-механические свойства асфальтобетона, снизить температуру приготовления смеси на 20 °С.

2. Предложена технология приготовления литых асфальтобетонных смесей с добавлением асфальтового гранулята, обеспечивающая требуемые свойства литого асфальтобетона при снижении температуры приготовления и укладки асфальтобетонной

смеси. Данная технология предусматривает совместное введение в состав литой асфальтобетонной смеси 30 % асфальтового гранулята и парафиновой добавки Sasobit в количестве 0,3 % от массы битумного вяжущего.

3. Введение измельченного асфальтового гранулята в состав литого асфальтобетона повышает его прочностные характеристики и обеспечивает существенный экономический эффект. Экономия за счет снижения содержания сырья и от уменьшения энергозатрат составляет порядка 200 руб. на 1 т. смеси.

Список библиографических ссылок

1. The Mastic Asphalt Industry – AClobal Perspective Final version EMAA / HSEE Morking Group, November. № 210. 29 p.
2. Мелик-Багдасаров М. С., Мелик-Багдасарова Н. А. Использование асфальтобетонного гранулята в литых асфальтобетонных смесях // Строительная техника и технологии. 2016. № 5. С. 54–55.
3. Лупанов А. П., Силкин В. В. Измельчение старого асфальтобетона // Строительная техника и технологии. 2015. № 1. С. 42–44.
4. Крупин Н. В. Теплый асфальтобетон. Экскурс в развитие технологии // Технический вестник дорожного хозяйства. 2012. № 3. С. 64–74.
5. Силкин В. В., Лупанов А. П., Васильев Э. Ю. и др. Приготовление теплых асфальтобетонных смесей // Строительная техника и технологии. 2013. № 7. С. 62–64.
6. Траутваин А. И., Языкина В. В., Землякова Д. В. Влияние добавок EVOTHERM, АЗОЛ 1007 и АДГЕЗОЛ 3-ТД на свойства битума // Дороги и мосты. 2014. № 1. С. 225–238.
7. Austerman A. J., Mogawer W. S., and Bonaquist R. Evaluating the Effects of Warm Mix Asphalt Technology Additive Dosages on the Workability and Durability of Asphalt Mixtures Contaning Recycled Asphalt Pavement // Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C. 2009. Paper № 09-1279.
8. Bennet T., Reinke G., Mogawer W., and Mooney K. Assesment of Workability, Compactability of Warm Mix Asphalt // Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C. 2010. Paper № 10-2223.
9. Jamshidi A., Meor O. H., Mohamad Y. A. Effects of Sasobit Content on the Rheological Characteristics of Unaged and Aged Asphalt Binders at High and Intermediate Temperatures // Materials Research. 2012. № 15 (4). P. 628–638.
10. Carmen Rubio M., German Marinez, Luia Baena, Fernando Moreno. Warm mix asphalt: an overview // Journal of Cleaner Production. 2012. Vol. 24. P. 76–84.

Lupanov Andrey Pavlovich
doctor of technical sciences, professor, general director
E-mail: abz4@abz4.ru
JSC ABZ-4 «Kapotnya»
The of organization address: 109429, Russia, Moscow, Verhnie polya st., 54
Sukhanov Alexey Sergeievich
candidate of technical sciences, general director
E-mail: dorexpert@yandex.ru
LLC «Dorexpert»
The of organization address: 109429, Russia, Moscow, Verhnie polya st., 54, 1
Silkin Vyacheslav Vasilyevich
candidate of technical sciences, professor
E-mail: vvsilkin@mail.ru
Kozikov Igor Olegovich
post-graduate student
E-mail: i-kozikov@mail.ru
Moscow State Automobile and Road Technical University
The of organization address: 125319, Russia, Moscow, Leningardsky pr., 64

Ilina Olga Nikolaevna
candidate of technical sciences, associated professor
E-mail: ilina@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The of organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Investigation of the influence of asphalt granulate on the properties of cast asphalt concrete

Abstract

Problem statement. The goal of the study was in researching the effect of asphalt granulate and additive «Sasobit» on the properties of the cast asphalt mixtures.

Results. The main results of the study are improving the physical and mechanical properties of cast asphalt concrete while reducing the manufacturing asphalt mix temperature and asphalt concrete mixtures patching temperature at 20°C, at the expense of the adding of old asphalt granulate and additives «Sasobit» in the amount of 0,3 % the addition of asphalt granulate and additives «Sasobit» in the amount of 0,3 %

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is to ensure the quality of the production of cast asphalt mixtures while reducing their cost, in creating conditions for increasing the production of cast asphalt for the building, repair and reconstruction of roads.

Keywords: asphalt granulate, cast asphalt, asphalt-concrete plant, cast asphalt mixtures, bitumen, depth of pressing-in of indent, water saturation, slump hot-molded mixture, economic efficiency.

References

1. The Mastic Asphalt Industry – AClobal Perspective Final version EMAA / HSEE Morking Group, November. № 210. 29 p.
2. Melik-Bagdasarov M. S., Melik-Bagdasarova N. A. Usage of old asphalt concrete granulate in cast asphalt concrete mixes // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. 2016. № 5. P. 54–55.
3. Lupanov A. P., Silkin, V. V. Griding of old asphalt concrete // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. 2015. № 1. P. 42–44.
4. Krupin N. In. Warm asphalt. Review of the development of technology // Tekhnicheskiy vestnik dorozhnogo khozyaystva. 2012. № 3. P. 64–74.
5. Silkin, V. V., Lupanov A. P., Vasiliev J. E. Preparation of warm asphalt mixtures // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii. 2013. № 7. P. 62–64.
6. Trautwein A. I., Yadykina V. V., Zemlyakova D. V. Influence of additives EVOTHERM, AZOL 1007 and ADESOL S-TD on the properties of bitumen // Dorogi i mosty. 2014. № 1. P. 225–238.
7. Austerman A. J., Mogawer W. S., Bonaquist R. Evaluating the Effects of Warm Mix Asphalt Technology Additive Dosages on the Workability and Durability of Asphalt Mixtures Contaning Recycled Asphalt Pavement // Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C. 2009. Paper № 09-1279.
8. Bennet T., Reinke G., Mogawer W., and Mooney K. Assesment of Workability, Compactability of Warm Mix Asphalt // Transportation Research Board of the National Academies, Washington. D.C. 2010. Paper № 10-2223.
9. Jamshidi A., Meor O. H., Mohamad Y. A. Effects of Sasobit Content on the Rheological Characteristics of Unaged and Aged Asphalt Binders at High and Intermediate Temperatures // Materials Research. 2012. № 15 (4). P. 628–638.
10. Carmen Rubio M., German Marinez, Luia Baena, Fernando Moren.o Warm mix asphalt: an overview // Journal of Cleaner Production. 2012. Vol. 24. P. 76–84.

УДК 625.7
Фомин Алексей Юрьевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: fomin-al.78@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Кайс Абдулрахман Али
начальник отдела спецификаций и количественных показателей
E-mail: qaiseng@gmail.com
Главное управление гражданской авиации и метеорологии
Адрес организации: 1042, Йемен, г. Санаа, ул. Зубери, д. 32, оф. 211

Литой серный бетон на основе асфальтогранулята

Аннотация

Поставленные задачи. Целью работы является разработка литой дорожной серобетонной смеси на основе асфальтогранулята для устройства и ремонта дорожных и аэродромных покрытий.

Результат. На основе асфальтогранулята и минеральных материалов осадочного происхождения месторождений Республики Татарстан получены литые безусадочные серобетонные смеси. Установлено, что серные бетоны, полученные в результате самоуплотнения серобетонных смесей обладают сравнительно высокими прочностями при сжатии и изгибе – до 20 и 12 МПа соответственно и низким водопоглощением, а эффект пластификации смесей обусловлен поверхностным взаимодействием частиц асфальгранулята, покрытых асфальтовяжущим с расплавом серы. В процессе твердения на границе раздела фаз формируется переходной слой, повышающий когезионную прочность структуры серного бетона.

Выводы. Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в снижении объемов прямых финансовых затрат на производство асфальто- и цементобетонов, в том числе приобретение высокопрочного щебня из изверженных пород и в возможности расширения номенклатуры строительных материалов новыми дорожно-строительными смесями.

Ключевые слова: асфальтобетон, вяжущее, сера, асфальтогранулят, серный бетон, структура.

Введение

Внедрение новых эффективных дорожно-строительных материалов для устройства покрытий и оснований автомобильных дорог является актуальной задачей, в том числе разработка и применение ресурсосберегающих технологий, направленных на применение маловостребованных крупнотоннажных минеральных материалов, полуфабрикатов, отходов примышленных производств и их побочных продуктов.

Традиционным материалом для устройства покрытий автомобильных дорог был и остается асфальтобетон и его наиболее эффективная форма – полимерасфальтобетон [1, 2]. Однако применение последнего требует соответствующего технико-экономического обоснования.

Широким направлением является возможность использования переработанного старого асфальтобетона или асфальтогранулята (АГ) в составе дорожных смесей для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Применение асфальтогранулята в дорожном строительстве

Асфальтогранулят образуется в результате демонтажных работ существующих конструкций автомобильных дорог, требующих ремонта или реконструкции, и согласно определению ГОСТ Р 54401-2011 представляет собой смесь дробленых частиц заполнителей и асфальтовяжущего получаемую в результате фрезерования изношенного асфальтобетона.

Основной сферой применения АГ является производство асфальтобетонных смесей (АБС). Так, введение асфальтогранулята в состав АБС в количестве до 60 масс. % позволяет сократить расход дорогостоящего сортового щебня и снизить себестоимость асфальтобетонных смесей до 40 % без потери их качества. При этом введение 20...30 масс. % АГ в асфальтобетонные смеси позволяет повысить их теплостойкость, прочность при сжатии при 20 ^{0}С и 50 ^{0}С и снизить водонасыщение.

Перспективным направлением является производство дорожных смесей, производимых способами холодной и горячей регенерации, с введением органических и минеральных вяжущих материалов. Данные технологии реализуются с применением комплексов дорожно-строительных машин маки Wirtgen и др.

Так, в технологии холодного ресайклинга применяемой при устройстве оснований дорожных одежд, асфальтогранулят смешивают с известью, портландцементом, битумом, битумной эмульсией, с последующим образованием нового материала – асфальтогранулобетона.

Целесообразно применять АГ и для устройства подстилающих слоев временных дорог, эксплуатируемых в условиях небольших транспортных нагрузок.

Технология серосодержащих материалов, состояние вопроса

В данной работе рассматривается разработка и исследование свойств литых серобетонных смесей на основе асфальтогранулята для устройства и ремонта покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Актуальность темы обусловлена следующими предпосылками.

В России ежегодно производится порядка 7 млн. тонн технической серы, образующейся в результате нефте- и газоочистки, с ежегодным приростом в среднем на 0,2 млн. тонн. Подавляющий объем выпуска такой «попутной» серы приходится на газовую промышленность. В Республике Татарстан основными «носителями» серы являются высокосернистые нефти. Так в ОАО «ТАНЕКО» (г. Нижнекамск) (в 2012 году началось пробное опробование) ежегодный объем производства серы составляет около 300 тыс. т серы. Кроме того в Республике имеются ресурсы газовой серы, получаемой в процессе газоочистки на предприятиях «Татнефтегазпереработка» и ОАО «Татнефть».

Сера характеризуется низкими температурой плавления 112,8-119,3°С и вязкостью расплава – $6{,}5\times10^{-3}$ Па$\times$с в интервале температур 120-155 °С, нетоксичностью в твердом состоянии, высокой адгезией к пористым материалам, гидрофобностью, достаточной механической прочностью: пределом прочности при сжатии 12 ... 22 МПа и при разрыве 1.28...4.32 МПа. Сера обладает стойкостью к воздействию агрессивных сред (растворов кислот и солей), водостойкостью, что позволяет получить на ее основе химически и водостойкие строительные материалы.

В связи с этим к настоящему времени в строительстве определились следующие направления в применении серы: серные бетоны, серобитумные композиции кровельного и дорожного назначения, гидроизоляционные и горячие антикоррозионные мастики, заливочные композиции, горячие и холодные («водорастворимая сера») композиции для пропитки капиллярно пористых материалов с целью их гидрофобизации и упрочнения.

Из всех вышеперечисленных материалов наиболее известен серный бетон – по структуре (конгломерат) аналогичен другим видам бетонов: цементному, битумному (асфальтобетону) и полимербетонам. Серные бетоны обладают рядом положительных свойств, к которым, в первую очередь, относятся: быстрый набор прочности, связанный с периодом остывания смеси, относительно высокая прочность при сжатии (до 60 МПа), стойкость к воздействию агрессивных сред, низкое водопоглощение и, следовательно, высокая морозостойкость [4-7]. К тому же свойства серы и ее расплава позволяют заменить прочные заполнители слабыми каменными материалами (песчаными грунтами, отсевами дробления карбонатного щебня) и техногенными отходами промышленности (золами, шлаками).

Также известным направлением применения серы в строительстве является модификация ею нефтяных дорожных битумов. При этом сера может играть роль модификатора свойств отдельных фракций битума (асфальтенов и смол), а так же его наполнителя, обладающего усиливающим действием. В первом случае

предусматривается введение серы в битум в небольших количествах (до 20 масс. %). Во втором случае – большего количества серы с получением коллоидной системы «сера-битум», устойчивой при хранении и переплавке. При этом, избыточная часть серы, не растворенная в битуме, в процессе кристаллизации проявляет себя как своеобразный наполнитель. Серобитум или серобитумное вяжущее применяется в технологии асфальтобетонов, производимых по горячей технологии, а конечным продуктом является материал – сероасфальтобетон [8-12]. Его эффективность обусловлена возможностью замены до 40 % битума в асфальтобетонных смесях на серу, увеличением прочности асфальтобетона на 30 %, повышением его тепло- и динамической устойчивости, сопротивляемости к воздействию топлив, масел и других агрессивных сред.

Научная гепотеза

В данной работе предполагается совмещение асфальтогранулята – материала с нарушенной структурой и идентичного по составу асфальтобетону и серного вяжущего (серного цемента) – механической смеси расплава серы и тонкодисперсного наполнителя.

Мы полагаем, что в результате введения расплава серного цемента (СЦ) в массу асфальтогранулята, на поверхности частиц последнего будет образована равномерная пленка вяжущего, формирующего коагуляционную макроструктуру материала. При этом битум, входящий в состав АГ будет способствовать пластификации серобетонной смеси образующиеся в результате смещения и повысит ее удобоукладываемость. Далее в процессе отверждения смеси, в покрытии или основании, будет образована прочная коагуляционно-кристаллизационная структура материала.

Известно, что введение в состав серобетонных смесей битума позволяет не только снизить их жесткость, но и способствует проявлению упругопластических свойств отвержденных серных бетонов, что в конечном итоге положительно влияет на долговечность покрытий [3].

Результаты исследований серных бетонов

На начальном этапе исследований производилась сравнительная оценка показателей свойств образцов материалов, полученных на основе асфальтогранулята и серы. Для этого были изготовлены образцы-кубы с размером граней 10×10 см. Состав первой смеси включал асфальтогранулят, а второй – смесь асфальтогранулята, модифицированного 10 масс. % серы. Смеси материалов разогревали до 140 °С и заполняли ими формы. Принудительное уплотнение смесей не производилось, то есть формирование образцов происходило под действием сил гравитации. Согласно требований нормативной документации, полученные материалы можно классифицировать как асфальтогранулобетоны (АГБ). Далее определяли показатели свойств образцов материалов, перечень которых приведен в табл.

Таблица

Перечень показателей свойств асфальтогранулобетонов

№ п.п.	Наименование показателя	Условное обозначение
1	средняя плотность, г/см^3	pa
2	средняя плотность минеральной части, г/см^3	pc
3	истинная плотность минеральной части, г/см^3	pu
4	истинная плотность, г/см^3	pup
5	пористости минеральной части, %	vm
6	остаточная пористость, %	von
7	воданасыщение, %	W
8	прочность при сжатии, МПа	σ

На рис. 1 приведены результаты проведенных испытаний. Установлено, что введение 10 масс. % серы в асфальтогранулят, способствует снижению показателей пористости минеральной части и остаточной пористости АГБ в 2 и 20 раз соответственно, что коррелирует с показателем водонасыщения, значение которого

снижается в 6 раз. Показатель прочности при сжатии модифицированного АГБ состава в 13 раз превышает аналогичный показатель исходного материала и составляет 4 МПа.

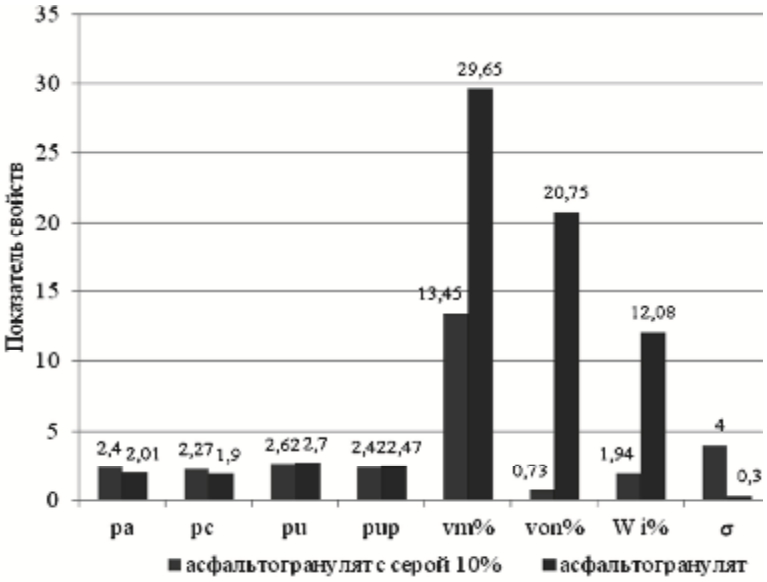


Рис. 1. Характеристика показателей физико-механических свойств асфальтогранулобетонов

Поскольку асфальтогранулят является полидисперсным материалом, с размером частиц от 0,071 мм до 20 мм, мы определили, какая группа его фракций наиболее активно взаимодействует с серой и влияет на повышение свойств. Для этого мы взяли три фракции гранулята: с размером частиц менее 0,63 мм, от 0 до 5 мм и более 5 мм. Далее при температуре 140 °С совместили каждую фракцию в расплавом расчетного количества серы, получили образцы и определи их прочности при сжатии. Далее построили концентрационные зависимости, которые имели экстремальный вид. Так, максимум прочности равной 6,8 МПа имеют образцы с частицами гранулята менее 0,63 мм, что вероятно обусловлено большей площадью поверхности взаимодействия серного вяжущего и частиц АГ (рис. 2).

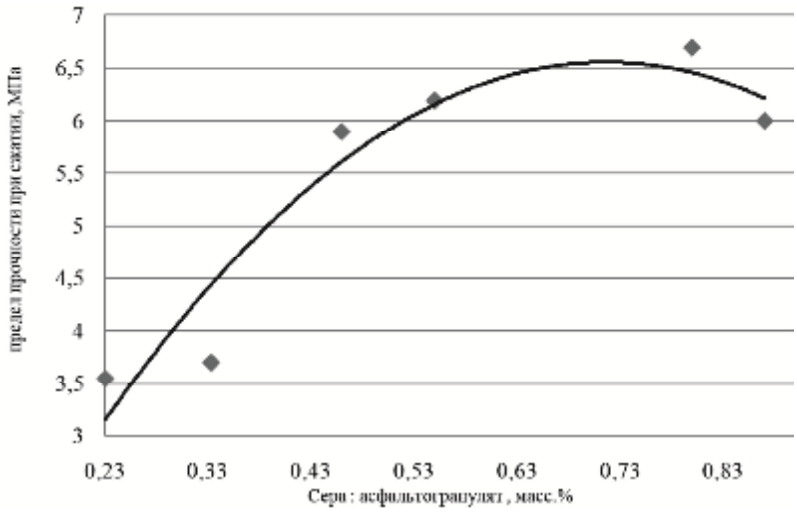


Рис. 2. Зависимости прочности при сжатии серных цементов
с применением асфальтогранулята фракции ≤0,63мм

Однако получить серный бетон с нормативной прочностью не возможно без предварительного структурирования серы, которое производится путем ее наполнения тонкодисперсными минеральными материалами.

Наполнение серы оказывает положительное воздействие на ее структуру, что отражается на повышении прочностных показателей. Поэтому для разработки составов литых серобетонных смесей, на начальном этапе, был произведен подбор составов серных цементов.

В качестве наполнителей применялись порошок из карбонатных известняковых пород и тальк. Оптимальность составов СЦ определялась по концентрационным зависимостям их прочности при сжатии. Так максимальные показатели прочности серных цементов на тальке и известняке составляют 17,2 и 36,5 МПа соответственно.

Параллельно мы оценивали реологические свойства серных цементов и установили, что при разных соотношениях наполнителя и серы предельное напряжение сдвига достаточно велико и лежит в пределах 150...1500 Па. Введение же в цемент 4 масс.% битума ведет к его пластификации и снижению предельного напряжения сдвига до 50...400 Па, увеличению диаметра расплава до 30 см, что характеризует данные состава как самоуплотняющиеся. Для изучения реологических свойств мы применяли вискозиметр Суттарда.

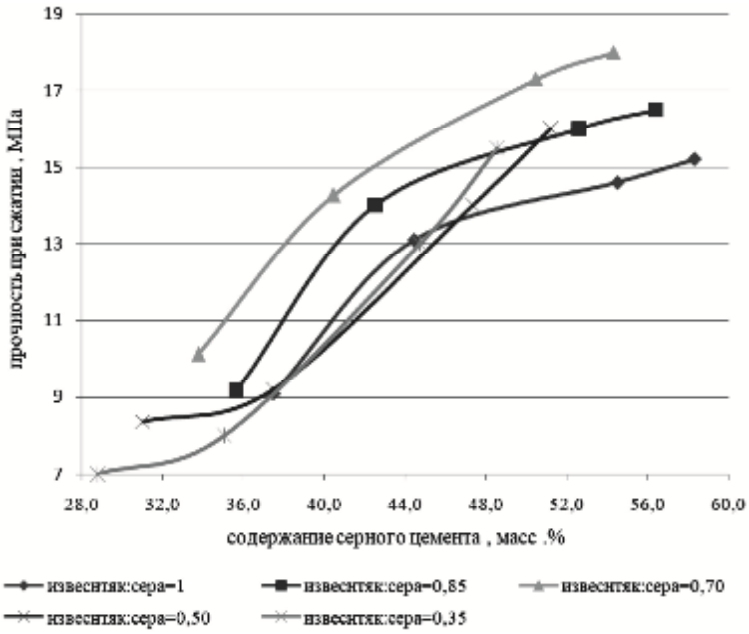


Рис. 3. Концентрационная зависимость прочности при сжатии серных бетонов

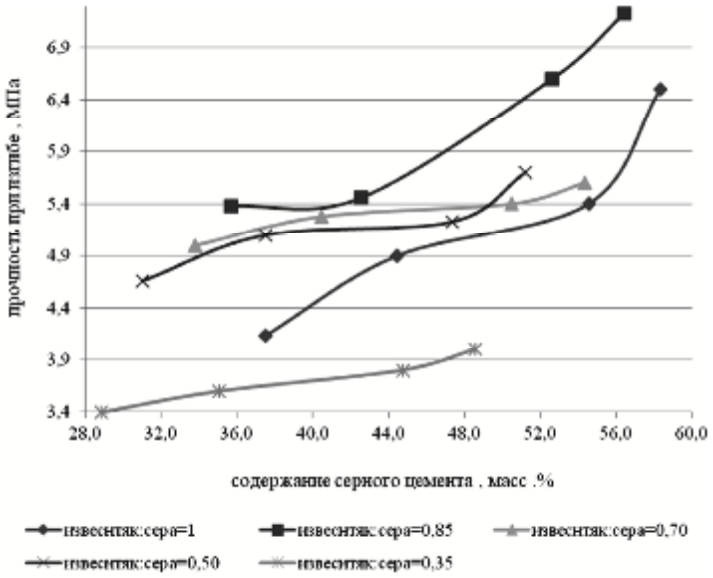


Рис. 4. Концентрационная зависимость прочности на растяжение при изгибе серных бетонов

Для установления предполагаемых синергетических эффектов пластификации и прочности, обусловленных взаимодействием серного вяжущего на границе раздела с частицами гранулята, нами были исследованы свойства мелкозернистых серных бетонов.

Установлено, что полученные материалы обладают максимальными пределами прочности при сжатии и изгибе, равными 18 и 7,5 МПа соответственно (рис. 3-4), а оптимальные показатели предельного напряжения сдвига лежат в районе 160...370 Па. Введение серного цемента в асфальтогранулят способствуют монотонному снижению показателя водонасыщения серных бетонов с 3...3,5 до 0,5 %, а кривые их деформаций в процессе разрушения характерны для упруго-пластичных тел.

Целью дальнейших исследований является оптимизация составов серных бетонов.

Заключение

Исследованы зависимости реологических свойств серобетонных смесей и прочностных показателей серных бетонов от состава исходных компонентов: серы, асфальтогранулята, минерального наполнителя. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть применены для дальнейшей оптимизации экспериментальных составов серных бетонов и уточнения области их применения для целей дорожной отрасли.

Список библиографических ссылок

1. Хафизов Э. Р., Семенов Д. Ю. Повышение качества дорожных покрытий путем введения в щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь добавок резиновой крошки // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 305–311.
2. Хафизов Э. Р., Фомин А. Ю. Применение полимерасфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах Республики Татарстан // Известия КГАСУ. 2015. № 4 (34). С. 312–316.
3. Яушева Л. С. Серобетоны каркасной структуры. Саранск, 1998. 170 с.
4. Токтибаева Х. Р., Бекжигитова К. А., Джаппарова М. Т., Сатывалдиев А. С., Имангалиев Т. А., Серкебаев М. К. Получение серного бетона из комовой серы – отхода добычи углеводородногосырья // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (16). С. 352–353.
5. Михеева М. В., Черезова Е. Н., Фомин А. Ю. Использование серы и отходов нефтехимической промышленности в качестве вяжущего : сб. ст. V Международной научно-технической WEB-конференции «Композиционные материалы» / Киев, 2010. С. 321–326.
6. Михеева М. В. Черезова Е. Н., Хозин В. Г., Фомин А. Ю. Вяжущее для бетонов на основе сополимеров серы и нефтеполимерной смолы // Строительные материалы. 2010. № 5. С. 54–56.
7. Усов Б. А., Волгушев А. Н. Технология модифицированных серных бетонов. М. : МГОУ, 2010. 321 с.
8. Dah-yinn L. Modificatoin of asphalt and asphalt pawing mixtures by sulfur additives // Ind. And. Eng. Chem. Proc. Res and Develop. 1975. № 3. P. 171–177.
9. Sulfur may be enroute to partially replacing asphalt in highway pavements // Chem. long. 1977. № 15. Part 1. 52 p.
10. Sulfurasphalt pavement improved with silicones // Highway and Heavy Constr. 1978. № 2. P. 104–106.
11. Галдина В. Д. Серобитумные вяжущие: монография. Омск : СибАДИ, 2011. 124 с.
12. Способ получения серобитумного вяжущего : пат. 2159218 Рос. Федерация. № 2000102780/03 ; заявл. 03.02.2000 ; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32. 3 с.

Fomin Aleksei Yurievich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: fomin-al.78@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Qais Abdulrahman Ali
head of specification and quantities section
E-mail: qaiseng@gmail.com
Civil Aviation and Meteorology Authority
The organization address: 1042, Yemen, Sanaa, Zubeiry st., 32, of . 211

Cast sulfuric concrete based on asphalt granulate

Abstract

Problem statement. The aim of the work is the development of a cast road concrete mixture on the basis of asphalt-granulate for the construction and repair of road and airfield coatings.

Results. On the basis of asphalt-granulate and mineral materials of sedimentary origin of deposits of the Republic of Tatarstan, cast non-shrinkage sulfur-concrete mixtures were obtained. It has been established that sulfuric concretes obtained as a result of self-compacting of sulfur-concrete mixtures have relatively high compressive and bending strengths of up to 20 and 12 MPa, respectively, and low water absorption, and the effect of plastification of mixtures is due to the surface interaction of asphalt granulate particles coated with asphalt with a melt of sulfur. During the hardening at the interface, a transition layer is formed, which increases the cohesive strength of the sulfur concrete structure.

Conclusions. The significance of the results obtained for the road construction industry is to reduce the amount of direct financial costs for the production of asphalt and cement concrete, including the purchase of high-strength crushed stone from igneous rocks and the possibility of expanding the range of construction materials with new road-building mixtures.

Keywords: asphaltic concrete, binder, sulfur, asphalt-granulate, sulfur concrete, structure.

References

1. Hafizov E. R., Fomin A. Yu. Application of polymer-concrete coatings on highways of the Republic of Tatarstan // Izvestiya KGASU, 2015, № 4 (34). P. 312–316.
2. Khafizov E. R., Semenov D. Yu. Improving the quality of road surfaces by adding rubber crumb additives to the crushed-mastic asphalt-concrete mixture // Izvestiya KGASU, 2017. № 2 (40). P. 305–311.
3. Yausheva L. S. Serobetons of the framework structure. Saransk, 1998. 170 p.
4. Toktibaeva H. R., Bekzhigitova K. A., Dzhapparova M. T., Satyvaldiev A. S., Imangaliev T. A., Serkebaev M. K. Obtaining sulfuric concrete from sulfuric sulfur-waste of hydrocarbon raw materials extraction // Fundamental'nyye issledovaniya. 2015. № 2 (16). P. 352–353.
5. Mikheeva M. V., Cherezova E. N., Fomin A. Yu. The use of sulfur and waste petrochemical industry as a binder : sat. art. V International Scientific and Technical WEB-conference «Composite Materials» / Kiev, 2010. P. 321–326.
6. Mikheeva M. V., Cherezova E. N., Khozin V. G., Fomin A. Yu. The binder for concretes based on copolymers of sulfur and petroleum resin // Stroitel'nyye materialy. 2010. № 5. P. 54–56.
7. Usov B. A., Volgushev A. N. Technology of modified sulfur concretes. M. : MGOU, 2010. 321 p.
8. Dah-yinn L. Modificatoin of asphalt and asphalt pawing mixtures by sulfur additives // Ind. And. Eng. Chem. Proc. Res and Develop. 1975. № 3. P. 171–177.
9. Sulfur may be enroute to partially replacing asphalt in highway pavements // Chem. long. 1977. № 15. Part 1. 52 p.
10. Sulfurasphalt pavement improved with silicones // Highway and Heavy Constr. 1978. № 2. P. 104–106.
11. Galdina V. D. Serobitum binders: monograph. Omsk : SibADI, 2011. 124 p.
12. A method for producing a sulfur bituminous binder : pat. 2159218 Ros. Federation. № 2000102780/03 ; claimed. 03.02.2000 ; publ. 20.11.2010, Bul. № 32. 3 p.

УДК 519.6; 628.144; 69.04
Ахмадиев Фаил Габдулбарович
доктор технических наук, профессор
E-mail: akhmadiev@kgasu.ru
Маланичев Игорь Вячеславович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: mlnchv@bk.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Популяционные алгоритмы структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы является оценка возможности применения популяционных поисковых алгоритмов для решения задач структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в разработке общего подхода к решению задач структурно-параметрической оптимизации из разных областей строительного проектирования, допускающих формулировку в виде сетевого графа. Задается избыточная схема проекта в виде сети, состоящей из узлов и связей, содержащая достаточно большое количество возможных вариантов решения. Задача структурной оптимизации сводится к параметрической введением в качестве переменных последовательных номеров конструктивных элементов проекта, где нулевой номер соответствует варианту с физически возможными, но нереалистичными, характеристиками для представления элементов, включение которых в состав проекта нецелесообразно. Формулировка задачи оптимизации учитывает выполнение условий равновесия и дополнительных ограничений, соответствующих содержанию проекта. В качестве метода оптимизации применяется метод роя частиц. Результаты тестовых расчетов (оптимизации гидравлической сети и стержневой конструкции) согласуются с известными решениями.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в обосновании эффективности метода роя частиц в сочетании с применением избыточных схем для решения задач дискретной структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании.

Ключевые слова: популяционные алгоритмы, метод роя частиц, структурно-параметрическая оптимизация, гидравлические сети, стержневые конструкции.

Введение

Задачи структурной оптимизации являются сложными многоэкстремальными сетевыми задачами невыпуклой нелинейной дискретной минимизации большой размерности со сложной системой ограничений и недифференцируемыми целевыми функциями и представляют собой трудный объект для приложения математических методов. Вместе с тем эти задачи имеют особое значение, так как экономический эффект от правильного выбора структуры, как правило, больше, чем от оптимизации параметров (диаметров, напоров, сечений и т.д.). В самой общей постановке задачи структурной и параметрической оптимизации могут быть объединены.

Практика проектирования обычно базируется на сопоставлении и анализе нескольких вариантов: для трубопроводных сетей – это структуры источников и направлений основных магистралей, которые выбираются интуитивно исходя из условий наименьшей протяженности трассы и сокращения пересечений с препятствиями, для строительных конструкций – это геометрия распределения строительного материала в пространстве или способа соединения стандартных элементов. При таком подходе оптимальный вариант может и не попасть в число сравниваемых. Исследование всей области допустимых решений и нахождение оптимального или близкого к нему варианта структуры системы возможны лишь при постановке задачи на строгой математической

основе, позволяющей осуществить формализованный целенаправленный перебор большого числа возможных вариантов.

Задачи, решаемые методами перебора, имеют экспоненциальную алгоритмическую сложность. Для сокращения объема вычислений, отсеивания заведомо худших вариантов и повышения вероятности нахождения глобального экстремума необходимо применение специальных методов поиска. Одной из тенденций развития современных методов оптимизации является эволюционный подход, основанный на использовании известных в биологии закономерностей и процессов. Эволюционные методы воспроизводят механизмы адаптации, существующие в биологических системах [1-3]. Так, популяционные методы, моделируя поведение скопления особей, обладающих простейшим искусственным интеллектом, позволяют преодолеть характерные для других методов оптимизации трудности: нелокальный характер поиска дает преимущество в нахождении глобального экстремума; отсутствуют специальные условия формулировки задачи оптимизации (ограниченность, непрерывность, дифференцируемость функций и т.п.), что позволяет использовать целевые функции, не имеющие аналитического выражения; простота реализации позволяет применение метода для решения задач большой размерности [4-5].

Целью работы является оценка возможности применения популяционных методов для решения задач структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании.

Алгоритм оптимизации методом роя частиц

Алгоритм роя частиц позволяет реализовать один из наиболее простых вариантов популяционного метода оптимизации [3]. Рой частиц представляет собой множество N точек в пространстве параметров задачи. В каждый момент времени t (шаг итерации) каждая i-я частица ($i=1,2,\ldots N$) имеет позицию, определяемую координатами $X_t^{i,k}$ ($k=1,2,\ldots M$, M – размерность задачи) и скорость движения $V_t^{i,k}$. Точки перемещаются с целью занять наиболее выгодную позицию, соответствующую минимальному значению целевой функции $F(X)\to min$. Каждая точка «помнит» свою лучшую позицию $L_t^i = \min_t F(X_t^i)$ и лучшую позицию среди всех точек роя $G_t = \min_i L_t^i$. Перемещение частицы происходит в соответствии с уравнениями движения:

$$V_{t+1}^{i,k} = c_0 V_t^{i,k} + c_1 r_{1t}^{i,k}(L_t^{i,k} - X_t^{i,k}) + c_2 r_{2t}^{i,k}(G_t^k - X_t^{i,k}),$$
$$X_{t+1}^{i,k} = X_t^{i,k} + V_{t+1}^{i,k}, \qquad (1)$$

где r_1, r_2 – случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0;1); c_0, c_1, c_2 – параметры метода, определяющие степень влияния инерции, локальной и глобальной информации соответственно, рекомендуемые значения которых равны [3]:

$$c_0=0{,}72984,\ c_1=c_2=1{,}496172. \qquad (2)$$

Перемещение частицы допускается в заданной непрерывной области $X^k_{min} \le X^{i,k} \le X^k_{max}$ с заданной ограниченной скоростью $-V^k_{max} \le V^{i,k} \le V^k_{max}$. Если частица выходит за допустимые пределы, ее координаты принимают значение граничных, а скорость приравнивается нулю (остановка) или меняется на противоположную (отражение).

Если координатам $X^{i,k}$ соответствуют дискретные параметры задачи, при вычислении целевых функций выполняется округление координат до ближайшего целого значения или интерполяция параметров.

Начальное расположение частиц роя задается случайным образом. В результате итерационного процесса эволюции роя частицы группируются в окрестности лучшей позиции роя G_t, которое и соответствует оптимальному решению.

Структурная и параметрическая оптимизация гидравлической сети

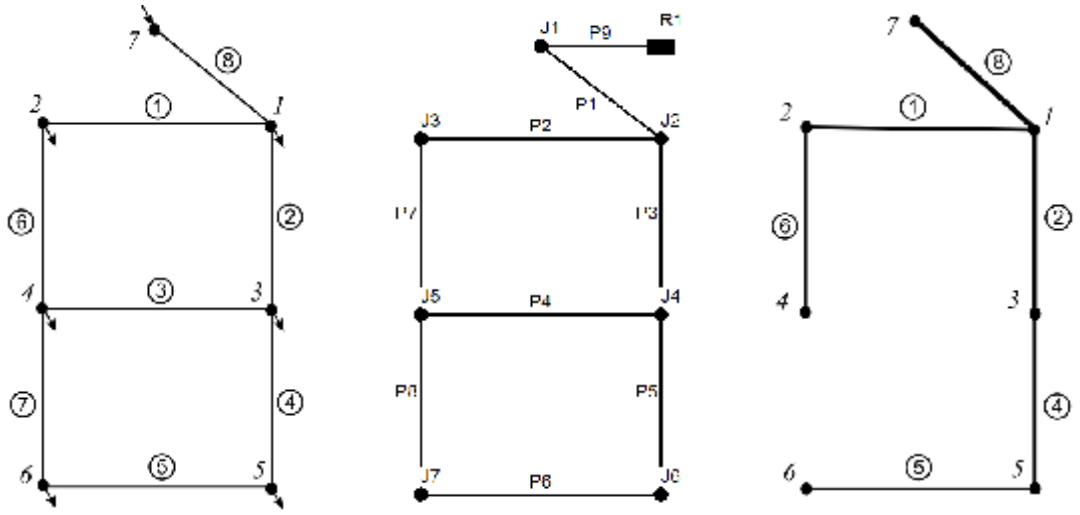
Задача оптимизации структуры трубопроводной сети заключается в выборе такой конфигурации сети трубопроводов, чтобы затраты на организацию и эксплуатацию сети были минимальны [6].

Основным подходом к решению задач схемно-структурной оптимизации является построение избыточных схем в сочетании с ограниченным перебором деревьев, которые можно выделить на этих схемах [7]. Избыточная проектная схема представляет собой расчетную схему системы как совокупность всех допустимых вариантов конфигурации

трубопроводной сети и расположения источников.

Полученная таким образом избыточная схема представляет собой многоконтурную сеть, и рассматриваемая задача может быть сведена к нахождению оптимального потокораспределения при заданном критерии минимальных затрат. В результате в искомом решении остаются участки с ненулевыми расходами. Нулевой расход на участке означает неэффективность прокладки трубопровода между соответствующими узлами.

Пусть избыточная схема сети содержит источник с напором 210 м и 8 участков, образующих два контура (рис. 1а). Длины участков – 1 км. Шероховатость стенок трубопроводов равна 0,05 мм для формулы Дарси-Вейсбаха (новые стальные трубы). Расходы и высотные отметки узлов даны в табл. 1. Минимальный напор в узлах – не менее 30 м. Для монтажа сети доступно 14 вариантов труб различного диаметра, размеры и стоимость которых даны в табл. 2. Требуется спроектировать сеть, удовлетворяющую заданным требованиям с минимальными затратами.



а) б) в)

Рис. 1. а) избыточная схема гидравлической сети;
б) схема в EPANET; в) результат оптимизации

Таблица 1

Узел	Расход, м^3/ч	Высотная отметка, м
1	100	150
2	100	160
3	120	155
4	270	150
5	330	165
6	200	160
7	источник	210

Таблица 2

№	Диаметр, мм	Стоимость, у.е.	№	Диаметр, мм	Стоимость, у.е.
1	24,5	2	8	294	50
2	49	5	9	343	60
3	73,5	8	10	392	90
4	98	11	11	441	130
5	147	16	12	490	170
6	196	23	13	539	300
7	245	32	14	588	550

В качестве переменных задачи выберем целочисленные номера диаметров трубопроводов *k*. Введем дополнительный диаметр № 0 с очень малым значением,

например, 1 мм для представления трубопроводов, сооружение которых нецелесообразно.

Для расчета потокораспределения в гидравлической сети в качестве гидравлического решателя используем EPANET – свободно распространяемое приложение для расчета и моделирования трубопроводных систем. Гидравлический расчет основан на методе глобального градиента и математически сводится к решению системы нелинейных уравнений алгебраической модели сети итерационным методом Ньютона [8]. Чтобы обеспечить близкий к нулю расход через трубопроводы диаметром № 0, необходимо ввести ограничение на скорость течения, например, 3 м/с, иначе EPANET выдает нефизические решения для узловых давлений и скоростей, стремящихся к бесконечности.

Задачу структурно-параметрической оптимизации гидравлической сети можно сформулировать следующим образом:

Минимизировать затраты на прокладку сети:

$$Z(k) = \sum_{i=1}^{n} c_{k_i} l_i \to \min, \tag{3}$$

- при ограничениях:

$$\begin{cases} Ax = Q, \\ A^T(p+h) = f(d,l,\varepsilon,q), \end{cases}$$
$$p_i(d_{k_i}) \geq p_{\min}, \left|V_i(d_{k_i})\right| \leq V_{\max}, \tag{4}$$
$$k_i = 0, 1, 2, \ldots k_{\max}; i = 1, 2, \ldots n,$$

где $q=(q_1q_2\ldots q_n)^T$ – вектор расходов на участках; $Q=(Q_1Q_2\ldots Q_m)^T$ – вектор узловых расходов; $p=(p_1p_2\ldots p_m)^T$ – вектор узловых давлений; $h=(h_1h_2\ldots h_m)^T$ – вектор узловых высотных отметок; A – матрица соединений (элемент a_{ij}=1, если i-ый участок соединен с j-м узлом и направлен от узла, a_{ji}= –1, если i-ый участок соединен с j-м узлом и направлен к этому узлу и a_{ji}=0, если i-ый участок не соединен с j-м узлом); A^T – транспонированная матрица соединений; $f(d,l,\varepsilon,q)$ – функция зависимости падения давления на участке от расхода, например, Дарси-Вейсбаха; ε – шероховатость поверхности трубопроводов; n – количество участков; m – количество узлов; k_{max} – количество вариантов диаметров; l_i – длина i-го участка; k_i – номер диаметра для i-го участка; d_k – k-й диаметр, $k=0,1,2,\ldots k_{max}$; c_k – стоимость единицы длины трубопровода k-го диаметра.

Для учета дополнительных ограничений, в качестве целевой, вводится следующая функция:

$$F(k) = Z(k) + C_V \sum_{i=1}^{n} g_i^V + C_P \sum_{j=1}^{m} g_j^P \to \min, \tag{5}$$

где g_i^V, g_j^P – штрафные функции:

$$g_i^V = \begin{cases} 0 & \text{если } \left|V_i(d_{k_i})\right| \leq V_{\max} \\ \left(\dfrac{V_i(d_{k_i})}{V_{\max}} - 1\right)^2 & \text{если } \left|V_i(d_{k_i})\right| > V_{\max} \end{cases}, \quad g_j^P = \begin{cases} 0 & \text{если } p_j \geq p_{\min} \\ \left(\dfrac{p_j}{p_{\min}} - 1\right)^2 & \text{если } p_j < p_{\min} \end{cases}, \tag{6}$$

C_V, C_P – эмпирические коэффициенты.

В качестве метода оптимизации применим метод роя частиц. Случайным образом создается заданное количество частиц роя, например, N=30 – вариантов распределения диаметров по участкам сети. Для каждого варианта последовательно выполняется гидравлический расчет и определяется целевая функция (5). Вычисляются наилучшие значения целевой функции для каждой частицы и роя в целом. Изменяются значения диаметров по формулам (1-2). Процесс повторяется заданное число раз, например, t_{max}=100.

Описанный выше алгоритм структурно-параметрической оптимизации гидравлической сети реализован в табличном процессоре Excel в виде программы на языке Visual Basic for Application. Вызов функций решателя EPANET осуществляется через библиотеку динамической связи epanet2.dll, используя компоненты, содержащиеся в дистрибутиве EPANET 2 Programmer's Toolkit.

Результаты расчета:
Сооружение трубопроводов на участках 3 и 7 нецелесообразно.
Диаметры трубопроводов на участках:
№ 1, № 5, № 6 – 245 мм; № 2 – 392 мм; № 4 – 343 мм; № 8 – 490 мм.
Затраты на монтаж сети 41600 у.е.
Схема сети по результатам оптимизации показана на рис. 1в.
Результаты расчета согласуются с известными решениями [9-10].

Структурная и параметрическая оптимизация стержневой конструкции

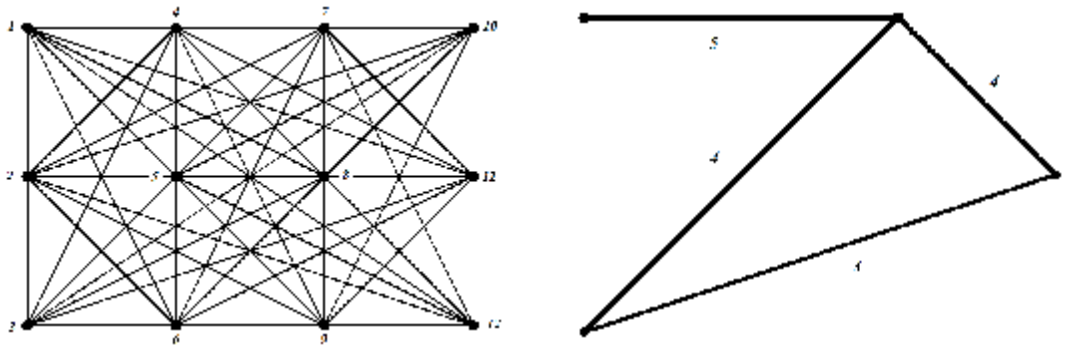
Задача оптимизации структуры строительной конструкции заключается в выборе такого способа распределения материала (соединения элементов), чтобы при минимальных затратах (массе) достигалась наибольшая прочность конструкции [11-12].

Пусть проектируемая конструкция представляет собой плоскую ферму габаритными размерами 6×2 м (рис. 2). Конструктивными элементами служат стальные стержни (плотность ρ=7,8·10^3 кг/м^3, модуль упругости E=2,1·10^{11} Н/м^2, предельно допустимое напряжение σ_{max}=1,6·10^8 Н/м^2) пяти возможных вариантов сечений (табл. 3). Одна сторона фермы шарнирно закреплена в двух точках, на противоположную сторону действует точечная вертикальная нагрузка G=1·10^5 Н. Конструкция должна обладать наибольшей жесткостью при массе, не превышающей заданную (300 кг).

Рис. 2. Геометрия задачи оптимизации структуры строительной конструкции

Таблица 3

№	Площадь сечения, м^2
1	1·10^{-3}
2	2·10^{-3}
3	3·10^{-3}
4	4·10^{-3}
5	5·10^{-3}



а) б)

Рис. 3. а) избыточная схема стержневой конструкции (12 узлов, 65 связей);
б) результат оптимизации, цифрами обозначены варианты сечений (табл. 3)

Зададим избыточную схему, определяя в габаритном пространстве конструкции

систему узлов и связей как потенциальных вариантов соединения элементов. Узлы могут располагаться произвольно, но обязательно наличие узлов в точках закрепления и приложения нагрузок. Связями могут соединяться все возможные пары узлов (кроме закрепленных) или только соседние узлы. Учитывая все возможные соединения, избыточная схема для 12 узлов содержит 65 связей (рис. 3а).

В качестве переменных задачи выберем целочисленные номера вариантов сечений k. Введем дополнительный вариант сечения № 0 с очень малым значением площади, например, $1\cdot10^{-6}$ м^2 для представления стержней, включение которых в состав конструкции нецелесообразно. Рассматривая стержень как двумерный линейный конечный элемент, задачу структурно-параметрической оптимизации гидравлической сети можно сформулировать следующим образом:

- минимизировать «податливость» конструкции:

$$C(k)=uKu^T\rightarrow\min, \tag{7}$$

- при ограничениях:

$$Ku=F,$$

$$\left|\sigma_i(s_{k_i})\right| \le \sigma_{\max}, W=\sum_{i=1}^{n}\rho s_{k_i} l_i \le W_{\max}, \tag{8}$$

$$k_i=0,1,2,\ldots k_{max};\ i=1,2,\ldots n,$$

где $u=(u_1u_2\ldots u_{2m})^T$ – вектор узловых смещений по осям X и Y; m – количество узлов; n – количество стержней; k_{max} – количество вариантов сечений; K – матрица жесткости; $F=(f_1f_2\ldots f_{2m})^T$ – вектор узловых нагрузок; W – масса конструкции; W_{max} – максимально допустимая масса конструкции; ρ – плотность материала; l_i – длина i-го стержня; k_i – номер сечения для i-го стержня; s_k – площадь k-го сечения, k=0,1,2,…k_{max}; σ_i – напряжение в i-м стержне; σ_{max} – предельно допустимое напряжение.

Для учета дополнительных ограничений в качестве целевой вводится следующая функция:

$$F(k)=C(k)+C_w\sum_{i=1}^{n} g_i^w + C_\sigma\sum_{i=1}^{n} g_i^\sigma \rightarrow \min, \tag{9}$$

где g_i^w, g_i^σ – штрафные функции; C_w, C_σ – эмпирические коэффициенты.

$$g_i^w=\begin{cases}0 & \text{если } W_i(s_{k_i})\le W_{\max}\\ \left(\dfrac{W_i(s_{k_i})}{W_{\max}}-1\right)^2 & \text{если } W_i(s_{k_i})>W_{\max}\end{cases},\quad g_i^\sigma=\begin{cases}0 & \text{если } |\sigma_i|\le\sigma_{\max}\\ \left(\dfrac{|\sigma_i|}{\sigma_{\max}}-1\right)^2 & \text{если } |\sigma_i|>\sigma_{\max}\end{cases}. \tag{10}$$

В качестве метода оптимизации применим метод роя частиц. Случайным образом создается заданное количество частиц роя, например, N=30 – вариантов распределения сечений по стержням базовой схемы. Для каждого варианта последовательно выполняется расчет напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов и определяется податливость, масса конструкции и целевая функция (9). Вычисляются наилучшие значения целевой функции для каждой частицы и роя в целом. Изменяются значения сечений по формулам (1-2). Процесс повторяется заданное число раз, например, t_{max}=300.

Решение описанной выше задачи структурно-параметрической оптимизации стержневой конструкции реализовано в свободно распространяемой системе компьютерной математики FreeMat на языке программирования, совместимом с MATLAB. Для конечноэлементного анализа использовался CALFEM® – свободно распространяемое дополнение к MATLAB.

Результаты расчета:

Среди конструкций массой, не превышающей 300 кг, наибольшей жесткостью, соответственно, наименьшей податливостью, равной 131,05 Н×м, обладает конструкция, состоящая из следующих типов шарнирно-стержневых элементов, соединяющих узлы:

1 и 7 сечением № 5; 3 и 7 сечением № 4; 7 и 11 сечением № 4; 3 и 11 сечением № 3.

Масса конструкции 285,26 кг.

Схема оптимального варианта конструкции показана на рис. 3б.

Результаты расчета согласуются с известными решениями [13-16].

Заключение

Предлагаемый вариант применения избыточных схем в сочетании с методом роя частиц позволяет эффективно решать задачи дискретной структурно-параметрической оптимизации в строительном проектировании. Описанный подход может быть адаптирован для задач строительного проектирования другого типа, допускающих сетевую формулировку, например, структурной оптимизации расширяемой транспортной сети, задачам сетевого планирования и управления проектами. Простота реализации и доступность необходимого программного обеспечения позволяет использовать описанный подход в учебном процессе.

Список библиографических ссылок

1. Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. М. : МГТУ, 2014. 446 с.
2. Xing B., Gao W. Innovative Computational Intelligence: A Rough Guide to 134 Clever Algorithms. Springer, 2014. 469 p.
3. Schmitt B. I. Convergence Analysis for Particle Swarm Optimization. Erlangen : FAU University Press, 2015. 233 p.
4. Маланичев И. В., Ахмадиев Ф. Г. «Роевой» алгоритм решения задач глобальной оптимизации : сб. ст. Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-29 / СГТУ. Саратов, 2016. Т. 4. С. 14–17.
5. Ахмадиев Ф. Г., Маланичев И. В. Популяционный алгоритм структурной оптимизации плоских течений жидкости в каналах // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 5. С. 72–75.
6. Барышева О. Б., Садыков Р. А., Батюшков Н. Ю. Оптимизация трассировки газораспределительной сети низкого давления // Современное строительство и архитектура. 2016, № 3. С. 25–28.
7. Чупин В. Р., Майзель И. В., Чупин Р. В., Житов А. В. Схемно-структурная оптимизация систем водоотведения поверхностного водостока и ливневой канализации // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 4 (9). С. 97–105.
8. Меренков А. П., Хасилев В. Я. Теория гидравлических цепей. М. : Наука, 1985. 294 с.
9. Rajabpour R., Kashkoli B. S. Application of Discrete Optimization Technique Hybrid JPSO/LIDM to Optimal Design of Pressurized Irrigation Networks // International Journal of scientific research and management (IJSRM). 2014. V. 2. № 5. P. 925–934.
10. Mtolera I., Haibin L., Ye L., Bao-Feng S., Xue D., Maxiao-Yi. Optimization of Tree Pipe Networks Layout and Size, Using Particle Swarm Optimization // WSEAS Transactions on computers. 2014. V. 13. P. 219–230.
11. Bendsøe M. P., Sigmund O. Topology Optimization. Theory, Methods, and Application. Springer, 2004. 381 p.
12. Кузнецов И. Л., Исаев А. В., Вахтель Р. Р., Гимранов Л. Р. Исследование, поиск и расчет оптимального конструктивного решения с разработкой проекта навеса на действующем футбольном стадионе «Казань-Арена» для проведения Чемпионата мира по водным видам спорта в 2015 году // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (Международный журнал по расчету гражданских и промышленных конструкций). 2016, Т. 12. № 2. С. 112–117.
13. Jongbin Im, Jungsun Park. Stochastic structural optimization using particle swarm optimization, surrogate models and Bayesian statistics // Chinese Journal of Aeronautics. 2013. 26 (1). P. 112–121.
14. Felkner J., Chatzi E., Kotnik T. Interactive truss design using Particle Swarm Optimization and NURBS curves // Journal of Building Engineering. 2015. V. 4. P. 60–74.
15. Mortazavi A., Toğan V., Nuhoğlu A. Weight minimization of truss structures with sizing and layout variables using integrated particle swarm optimizer // Journal of Civil Engineering and Management. 2017. V. 23, № 8. P. 985–1001.

16. Kazemzadeh Azad S., Hasançebi O. Improving computational efficiency of particle swarm optimization for optimal structural design // Int. J. Optim. Civil Eng. 2013. V. 3(4). P. 563–574.

Akhmadiev Fail Gabdulbarovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: akhmadiev@kgasu.ru
Malanichev Igor Vyacheslavovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: mlnchv@bk.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Population-based algorithms of structural and parametric optimization in construction design

Abstract

Problem statement. The aim of the paper is to evaluate the possibility of using population-based search algorithms to solve problems of structural and parametric optimization in construction design.

Results. The main results of the study are the development of a general approach to solving structural and parametric optimization problems from different areas of construction design, that can be formulated as a network graph. The redundant scheme of the project is defined as a network of nodes and links, containing a sufficiently large number of possible solutions. The task of structural optimization is reduced to parametric optimization by introducing sequential numbering of constructive elements of the project as variables, where the zero number corresponds to the variant with physically possible, but unrealistic, characteristics for the representation of elements, the inclusion of which to the project is inappropriate. The formulation of the optimization problem takes into account the fulfillment of the equilibrium conditions and additional constraints corresponding to the content of the project. The particle swarm method is used as a method of optimization. The results of test calculations for hydraulic network and truss structure are consistent with known solutions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is the confirmed effectiveness of the particle swarm method in combination with the use of redundant circuits for solving problems of discrete structural and parametric optimization in construction design.

Keywords: population-based algorithms, particle swarm method, structural and parametric optimization, hydraulic network, truss structure.

References

1. Karpenko A. P. Modern algorithms of search optimization. Algorithms inspired by nature. M. : MGTU, 2014. 446 p.
2. Xing B., Gao W. Innovative Computational Intelligence: A Rough Guide to 134 Clever Algorithms. Springer, 2014. 469 p.
3. Schmitt B. I. Convergence Analysis for Particle Swarm Optimization. Erlangen : FAU University Press, 2015. 233 p.
4. Malanichev I. V., Akhmadiev F. G. The «Swarm» algorithm for global optimization problems. Mathematical Methods in Technique and Technology – MMTT-29 / SSTU. Saratov, 2016. V. 4. P. 14–17.
5. Akhmadiev F. G., Malanichev I. V. Population-based algorithm of structural optimization of plane fluid flows in channel // Vestnik tehnologicheskogo universiteta. 2017. V. 20. № 5. P. 72–75.
6. Barysheva O. B., Sadykov R. A., Batyushkov N. Yu. Optimize the trace gas distribution network of low pressure // Sovrevennoe stroitelstvo i arkhitektura. 2016. № 3. P. 25–28.

7. Chupin V. R., Maizel I. V., Chupin R. V., Zhitov A. V. Scheme and structural optimization of water discharge systems of the surface watercource and storm-sewage system // Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitelstvo. Nedvizhimost. 2014. № 4(9). P. 97–105.
8. Merenkov A. P, Khasilev V. Ya. Theory of hydraulic circuits. M. : Nauka, 1985. 294 p.
9. Rajabpour R., Kashkoli B. S. Application of Discrete Optimization Technique Hybrid JPSO/LIDM to Optimal Design of Pressurized Irrigation Networks // International Journal of scientific research and management (IJSRM). 2014. V. 2. № 5. P. 925–934.
10. Mtolera I., Haibin L., Ye L., Bao-Feng S., Xue D., Maxiao-Yi. Optimization of Tree Pipe Networks Layout and Size, Using Particle Swarm Optimization // WSEAS Transactions on computers. 2014. V. 13. P. 219–230.
11. Bendsøe M. P., Sigmund O. Topology Optimization. Theory, Methods, and Application. Springer, 2004. 381 p.
12. Kuznetsov I. L., Isaev A. V., Vakhtel R. R., Gimranov L. R. Research, search and calculation of the optimal constuction solution with development of the project of the canopy at the operating football stadium «Kazan-Arena» for holding the World Cup in water sports in 2015 // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2016, V. 12. № 2. P. 112–117.
13. Jongbin Im, Jungsun Park. Stochastic structural optimization using particle swarm optimization, surrogate models and Bayesian statistics // Chinese Journal of Aeronautics. 2013. V. 26. № 1. P. 112–121.
14. Felkner J., Chatzi E., Kotnik T. Interactive truss design using Particle Swarm Optimization and NURBS curves // Journal of Building Engineering. 2015. V. 4. P. 60–74.
15. Mortazavi A., Toğan V., Nuhoğlu A. Weight minimization of truss structures with sizing and layout variables using integrated particle swarm optimizer // Journal of Civil Engineering and Management. 2017. V. 23. № 8. P. 985–1001.
16. Kazemzadeh Azad S., Hasançebi O. Improving computational efficiency of particle swarm optimization for optimal structural design // Int. J. Optim. Civil Eng. 2013. V. 3. № 4. P. 563–574.

УДК 693.2

Галимзянова Миляуша Ильсуровна
инженер II категории
E-mail: sarvarova.xek@yandex.ru
МКУ «Управление образования ИКМО г. Казани»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Б.Красная, д. 1
Богданов Андрей Николаевич
кандидат технических наук, старший преподаватель
E-mail: BogdanovAN@kgasu.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технико-экономическое сравнение вариантов возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий

Аннотация

Постановка задачи. При строительстве загородных жилых домов наиболее популярным материалом для несущих стен является керамический кирпич. Однако кладка из керамического кирпича трудоемкая и продолжительная. Для уменьшения трудоемкости разработаны сборные кирпичные стены. Цель исследования – выявить наиболее оптимальный вариант возведения ограждающих конструкций стен малоэтажного дома на основе их технико-экономического сравнения.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в анализе трех методов строительства: 1.Традиционная кладка; 2. Сборные кирпичные стены; 3. Железобетонные панели.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в увеличении скорости возведения малоэтажных домов, уменьшения трудоемкости и стоимости возведения малоэтажных домов при применении сборных кирпичных стен.

Ключевые слова: технико-экономическое сравнение, ограждающие конструкции стен, малоэтажное кирпичное строительство, новые технологии, сборные кирпичные стены, автоматизированная кирпичная кладка.

Введение

На сегодняшний день малоэтажное и индивидуальное строительство в России является одним из наиболее быстроразвивающихся направлений [1]. Как отмечалось в исследованиях [2-6] малоэтажное жилищное строительство имеет достаточный потенциал для улучшения жилищных условий граждан. Кирпич используют для возведения дома уже на протяжении более 100 лет. Считается, что именно кирпичные дома являются самыми надежными.

Главным трендом при этом является переход от индивидуального способа возведения зданий к поточному способу, позволяющему возводить частные жилые дома быстро, недорого и с гарантированным качеством [7]. При этом строительная отрасль стремиться сократить трудоемкость и уменьшить сроки строительства, а также стоимость строительства [8].

В последнее время на строительном рынке появились новые полностью автоматические установки для производства каменных стен. Эти установки одинаково перерабатывают пористый бетон, кирпич, бетон, а также силикатный кирпич, при этом нет никаких ограничений относительно формата строительного камня. Данные роботы автоматически выкладывают несущую стену за несколько часов [9-10].

Автоматизация строительных процессов подразумевает изготовление укрупненных сборочных единиц зданий в цеху, на заводе, из которых впоследствии на строительной площадке осуществляется сборка «дома под ключ». Укрупненные элементы здания, производимые на одном предприятии, (например, готовая кирпичная кладка с определенными размерами), превращают процесс строительства в строгий набор простых операций по последовательному подъему, переносу и установке в заранее подготовленном месте и в заданном порядке деталей строения.

В сфере строительства представлено достаточно большое количество технологий малоэтажного домостроения. Ориентируясь на исследование и сравнение различных вариантов стен, выбраны три технологии возведения стеновых конструкций:

1. Традиционная кладка стен;
2. Сборные кирпичные стены;
3. Железобетонные панели.

История развития сборных кирпичных стен в России

В 1950 году во Франции, Швейцарии и Дании были предприняты попытки механизации кладки при помощи оборудования. В это же время Структурный Фонд исследования разработал одну из первых сборную кирпичную систему кладки. Упомянутая кладка известна как Building panel. Эта панель использовалась при строительстве нескольких сооружений в районе Чикаго. Производство кирпичных лицевых панелей практиковалась в странах Северной Америки, Австралии и других странах в течение многих лет.

В 1957-1959 годах коллектив ученых и проектировщиков научно-исследовательского института строительной физики и ограждающих конструкций (НИИСФ) Академии строительства и архитектуры СССР под руководством профессора Г.Ф. Кузнецова разработал новые прогрессивные конструкции крупных кирпичных элементов – виброкирпичные панели с эффективным утеплителем размером на комнату.

Вибрация, применяемая при заполнении швов раствором, позволила повысить прочность кирпичной кладки в 1,5-2,5 раза. Повышенная прочность кладки дала возможность сконструировать тонкие кирпичные стены с удовлетворительными прочностными показателями, а применение эффективных утеплителей улучшило теплотехнические свойства тонких кирпичных стен.

Уменьшение толщины и веса кирпичных стен позволило расчленять их не на блоки, а на более крупные элементы – виброкирпичные панели размером на комнату, изготовляемые в заводских условиях. Этим были созданы новые условия для индустриализации методов возведения зданий из кирпича.

В 1958-1959 годах были построены первые экспериментальные дома из виброкирпичных панелей одноэтажные на Никольском кирпичном заводе и пятиэтажный в квартале № 18 Новых Черемушек (Москва) [11].

Оборудование для промышленного изготовления кирпичных панелей в зависимости от степени автоматизации имеет производительность от 1000 до 5000 шт. кирпича в час. Наиболее распространенными изготовителями оборудования для производства кирпичных панелей являются фирмы «Panelbrick», (Австралия), «Arkansas Technologies», (США) и «C. M. Panel Systems», (Канада). На оборудовании можно произвести прочные лицевые панели длиной до 12 м и шириной до 4,8 м при толщине кирпича от 70 до 150 мм. Размеры и расположение оконных и дверных проемов и общие габариты панелей закладываются в программу автоматической машины, и она сама по заданной конфигурации укладывает кирпич лицевой поверхностью вниз на формовочный стол, покрытый пленкой. В ходе укладки на формовочный стол в отверстия кирпича закладывают арматуру, количество и размеры которой определяют расчетом и областью применения панели. После окончания укладки происходит заливка панели раствором, который должен быть достаточно текучим, для чего в него добавляют различные пластификаторы. Перед заливкой раствора в панель устанавливают закладные детали и узлы, необходимые для крепления панели к каркасу здания, крепления изоляции, соединения панелей и так далее [12].

Тепловая обработка готовых панелей предусматривает нагрев до 50 °С и выдерживание в течение 8-10 ч, после чего формовочный стол из горизонтального положения гидравлическим механизмом приводится в вертикальное положение и кран перемещает панель на склад для выдерживания в течение 3-4 сут. На складе с лицевой поверхности панели снимают пластиковую мембрану, которая легко отслаивается и открывает отличную кирпичную кладку. После выдерживания на складе панель перевозят для монтажа на стройплощадку обычным панелевозом.

Технико-экономическое сравнение вариантов возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий

Целью исследования является выбор наиболее оптимального варианта возведения ограждающих конструкций стен малоэтажного дома на основе их технико-экономического сравнения.

Объектом исследования является блокированный одноэтажный жилой дом. Блокированные дома – тип малоэтажной жилой застройки, при котором расположенные в ряд однотипные жилые дома блокируются друг с другом боковыми стенами. Каждый из таких домов имеет отдельный вход. Архитектурно-планировочное решение предполагает минимально необходимые помещения, состав и площади которых соответствуют нормам. План 1 этажа представлен на рис.

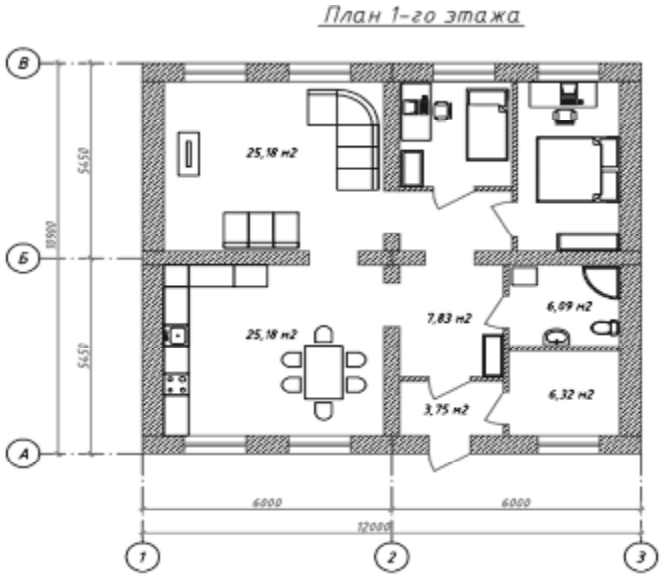


Рис. План 1-го этажа

Первый исследуемый вариант конструкции стены представляет собой традиционную кирпичную кладку из Poroterm 51 Wienerberger марки М100 размерами 510×250×219 мм с использованием цементно-песчаного раствора и армированием блоков через каждые 4 ряда арматурой класса А400 и диаметром 8 мм. По теплотехническому расчету для г. Казани наиболее оптимальной толщиной стены является 510 мм. Технические характеристики керамического камня Poroterm 51 Wienerberger марки М100 представлены в табл. 1. Возведение кирпичных малоэтажных домов регламентируется СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* (с Изменениями № 1, 2).

Таблица 1

Технические характеристики керамического камня Poroterm 51

Размеры	510×250×219
Масса, кг	20
Марка прочности	М100
Расход, шт/м^2	17,3
Расход раствора, л/м^2	50
Морозостойкость	F50
Водопоглощение,%	19 %±2
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·С)	от 0,143
Коэффициент паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па)	0,14

Второй рассматриваемый вариант конструкции стены представлен в виде сборной кирпичной стены (заводского изготовления). В качестве основного материала стены выбран Poroterm 51 Wienerberger марки М100 (без утепления). Данные панели с

определенными размерами изготавливаются на заводе. В соответствии с нормативным документом DIN 1053-4 Mauerwerk – Teil 4: Fertigbauteile и Allgemeine Montageanleitung Ziegelwandelemente – einfach, sicher, wirtschaftlich.

Третий рассматриваемый вариант конструкции стены представлен панельной технологией (панельные конструкции заводского изготовления). Панель состоит из железобетона плотностью 1400-1850 кг/м^3 толщиной 350 мм. В настоящее время развитие технологии бетона и проблемы повышения качества, а также экономичности бетонов решаются путем применения различного рода химических добавок [13, 14]. Данные панели должны соответствовать требованиям ГОСТ 31310-2005 Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия (с Изменениями № 1).

По итогам проделанной работы составлена таблица технико-экономического сравнения вариантов возведения ограждающих конструкций (табл. 2). Также в табл. 3 указаны средний расход материалов и затраты труда на 1 м^2 для кирпичных панелей.

Таблица 2

Результаты технико-экономического сравнения

Показатели	Варианты технологий		
	Строительство дома при традиционном методе	Строительство дома, используя кирпичные панели	Панельное домостроение
Объем работ, м^2	159,36	159,36	159,36
Характеристика стены	ручная кладка стены из керамических камней Poroterm 51	автоматизированная кладка стен из керамических камней Poroterm 51	железобетонные стеновые панели, t=0,35 см
Затраты труда на 1 м^2			
- на стройке, чел-день	4,6	2,52	2,72
Продолжительность строительства, кол-во дней (25 рабочих)	30	16	18
Срок эксплуатации, лет	125	125	100
Уровень заводской готовности, %	10-20	70-75	70-75
Стоимость работ руб/м^2	5685	5618	5100

Таблица 3

Средний расход материалов и затраты труда на 1 м^2 кирпичных панелей

Наименование	Ед. изм.	Наружная панель толщиной 510 мм (t=510 мм)	Цена, руб
Керамический камень Poroterm Wienerberger	шт	17,3	140
Теплый раствор, Poroterm TM	кг	32	25
Базальтовая строительная сетка, Poroterm BM	м^2	1,2	105
Затраты труда	чел.-день	0,25	1100

Продолжительность строительства определена после назначения количества рабочих исполнителей. Можно сделать вывод, что работы по возведению сборных кирпичных стен являются менее трудоемкими и продолжительными по сравнению с другими технологиями.

Также для сравнения по экономическим показателям были выполнены расчеты стоимости строительно-монтажных работ с материалом. Локальный сметный расчет выполнен в ценах 4 квартала 2017 г. Среди трех вариантов ограждающих конструкций самым дорогим является традиционная кирпичная кладка. При этом большую часть в этой стоимости занимает стоимость материала. Следовательно, выбор варианта

ограждающей конструкции выполняется исходя из наименьшей трудоемкости и продолжительности процесса. В результате наиболее выгодным является технология строительства с применением кирпичных панелей.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что сборные керамические панели являются синтезом железобетонной панели и традиционной кирпичной кладки. Данное конструктивное и технологическое решение имеет ряд преимуществ. При этом сборная керамическая панель имеет такие достоинства как:

1. Изготовление сборных керамических панелей не зависит от погодных условий.
2. Сборные керамические панели являются строительным материалом высокого качества, так как выполнены с помощью высокоточного промышленного робота.
3. Сроки строительства сокращаются при применении сборных керамических панелей.
4. Нет потребности в складирование керамических панелей, так как керамические панели доставляются по соответствующему графику производства работ.
5. Применение керамических панелей позволяет вести строительство домов в стесненных условиях.
6. Отсутствие необходимости в установке наружных лесов.
7. Сборные керамические панели подходят для любых архитектурных форм.

Список библиографических ссылок

1. Ивакин Е. К., Вагин А. В. Анализ динамики жилищного строительства в ростовской области // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/938.html (дата обращения: 10.04.2018).
2. Сычев С. А. Системный анализ технологий высокоскоростного строительства в России и за рубежом // Перспективы науки. 2015. № 9 (72). С. 126–132.
3. Плешивцев А. А. Доступное и комфортное жилье малообеспеченным гражданам РФ // Градостроительство. 2012. № 2 (18). С. 87–90.
4. Кузьменков А. А., Титова С. А. Технико-экономическое сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных жилых зданий для северных условий Республики Карелия // Resources and Technology. 2016. № 13 (4). С. 57–70.
5. Девятникова Л. А., Емельянова Е. Г., Кузьменков А. А., Симонова А. А. Исследование технико-экономических параметров при выборе технологий возведения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов // Ученые записки Петразаводского государственного университета. 2015. № 4 (149). С. 82–89.
6. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Пасяда Н. И., Денисова И. В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. СПб., 2005. 563 с.
7. Ивакин Е. К., Белевцов С. П. Малоэтажное строительство: девелопмент и логистика // Инженерный вестник Дона. 2011. № 4. URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/708.html (дата обращения: 10.04.2018).
8. Боровских О. Н. Развитие панельного домостроения как путь повышения активизации строительного рынка // Российское предпринимательство. 2016. № 20. С. 2811–2818.
9. Krechting A. Prefabrication in the brickworking industry // Deutsche Bauzeitung. 2002. № 8. P. 70–72.
10. Krechting A. Elementiertes modulares Bauen mit werkseitig vorgefertigten Ziegelelementen // Element+Bau. 2003. № 1. P. 32–33.
11. Лагун И. И., Некрасов К. С., Горелик С. А. Виброкирпичные панели в жилищном строительстве. М., 1961. 138 с.
12. Берман Р. З. Кирпичные панели заводского изготовления в современном строительстве // Строительные материалы. 1966. № 6 (498). С. 16–17.

13. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Влияние некоторых гиперпластификаторов на основные свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2010. № 11 С. 14–17.
14. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Влияние новой комплексной добавки на основные свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 63–65.

Galimzyanova Milyausha Ilsurovna
engineer of the second category
E-mail: sarvarova.xek@yandex.ru
MSE «Department of education of the ECMF of the city of Kazan»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Bolshaya Krasnaya st., 1
Bogdanov Andrei Nikolayevich
candidate of technical sciences, senior lecturer
E-mail: BogdanovAN@kgasu.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Technical and economic comparison of options of erection of the protecting designs of walls of low-rise residential buildings

Abstract

Problem statement. During the construction of country houses the most popular material for bearing walls is a ceramic brick. However laying from a ceramic brick labour-consuming and long-lasting. To reduce labor intensity, prefabricated brick walls have been developed. The purpose of the study is to identify the most optimal variant of construction of enclosing constructions of walls of low-rise buildings on the basis of their technical and economic comparison.

Results. The main results of the study are the analysis of three methods of construction: 1.Traditional laying; 2. Prefabricated brick walls; 3. Reinforced concrete panels.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in increasing the speed of erecting low-rise buildings, reducing labor intensity and the cost of erecting low-rise buildings using prefabricated brick walls.

Keywords: technical and economic comparison, wall enclosing structures, low-rise brick building, new technologies, prefabricated brick walls, automated brickwork.

References

1. Ivakin E. K., Vagin A. V. The analysis of dynamics of housing construction in the Rostov region // Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. № 3 URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/938.html (reference date: 10.04.2018).
2. Sychev S. A. System analysis of high-speed construction technologies in Russia and abroad // Prospects of science. 2015. № 9 (72). P. 126–132.
3. Pleshivtsev A. A. Affordable and comfortable housing for low-income citizens of the Russian Federation // Gradostroitel'stvo. 2012. № 2 (18). P. 87–90.
4. Kuzmenkov A. A., Titova S. A. Techno-economic comparison of options for construction of walls of low-rise residential buildings to the North of the Republic of Karelia // Resources and Technology. 2016. № 13 (4). P. 57–70.
5. Devyatnikova L. A., Emelyanova E. G., Kuzmenkov A. A., Simonov, A. A. Study of technical and economic parameters when selecting the technologies for the construction of envelopes of individual residential buildings // Uchenyye zapiski Petrazavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 4 (149). P. 82–89.
6. Asaul A. N., Kazakov Y. N., Pasyada N. I., Denisova I. V. Theory and practice of low-rise housing construction in Russia. SPb., 2005, 563 p.

7. Ivakin E. K., Belevtsov S. P. Low-rise construction: development and logistics // Inzhenernyy vestnik Dona. 2011. № 4 URL: http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/708.html (reference date: 10.04.2018).
8. Borovskikh O. N. The development of panel housing construction as a way to increase the activation of the activation of the construction market // Journal of Russian entrepreneurship. 2016. № 20. P. 2811–2818.
9. Krechting A. Prefabrication in the brickworking industry // Deutsche Bauzeitung. 2002. № 8. P. 70–72.
10. Krechting, A. Elementiertes modulares Bauen mit werkseitig vorgefertigten Ziegelelementen // Element+Bau. 2003. № 1. P. 32–33.
11. Lagun I. I., Nekrasov K. S., Gorelik S. A. Vibro panels in residential construction. M., 1961. 138 p.
12. Berman R. Z. Brick panels of factory production in modern construction // Stroitel'nyye materialy. 1966. № 6 (498). P. 16–17.
13. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Influence of some hyperplasticizers on the basic properties of cement compositions // Stroitel'nyye materialy. 2010. № 11. P. 14–17.
14. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Influence of the new complex additive on the basic properties of cement compositions // Stroitel'nyye materialy. 2012. № 6. P. 63–65.

УДК 69.05
Медяник Юлия Владиславовна
кандидат технических наук, доцент
E-mail: julia-707@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Классификация и анализ дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий

Аннотация

Постановка задачи. Целью работы являлось изучение причин образования дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий, выполненных по традиционной монолитной технологии, их классификация и анализ.

Результаты. Выполнен осмотр фасадов кирпичных зданий и выявлены наиболее характерные дефекты и повреждения штукатурных покрытий, возникающие в процессе строительства и эксплуатации объектов: образование трещин и пустот, отслоение штукатурки от основания, потеря декоративных качеств. Предложена классификация факторов, влияющих на появление этих дефектов и повреждений, и выполнен их анализ. Сформулированы основные направления решения проблемы качества и долговечности штукатурных покрытий.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в уточнении и разработке классификационных признаков дефектов и повреждений фасадных штукатурных покрытий, что необходимо для определения причин их возникновения и выбора соответствующей технологии ремонта.

Ключевые слова: фасады зданий, штукатурные покрытия, дефекты, повреждения, штукатурные работы, ремонт.

Введение

Для создания архитектурного облика фасадов зданий в настоящее время применяются самые разные способы отделки. Среди этого многообразия вариантов отделки особое место занимают штукатурные покрытия, обладающие рядом преимуществ. Неоспоримыми достоинствами штукатурки являются эстетическая привлекательность, возможность придания поверхности различного цвета и фактуры, ремонтопригодность, применимость для отделки фасадов различной сложности, в том числе с мелкими декоративными элементами. Штукатурка выполняет не только декоративные функции, но и обеспечивает защиту здания от внешнего воздействия, переувлажнения, потерь тепла. Особо востребован такой способ отделки при реконструкции, реставрации и ремонте фасадов зданий, представляющих историческую ценность.

В процессе эксплуатации штукатурные покрытия испытывают различные воздействия, которые снижают их защитные функции и архитектурную выразительность. Недостатки проектных решений, наличие дефектов и повреждений в выполненных конструкциях и эксплуатационные нарушения усугубляют влияние внешних факторов и ускоряют процесс разрушения [1, 2].

Согласно ВСН 58-88 (р) «Положение о проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения» дефект элемента здания – это неисправность, вызванная нарушением правил, норм и технических условий при его изготовлении, монтаже или ремонте. Повреждением элемента здания или его составных частей считается неисправность, вызванная внешним воздействием. Для восстановления целостности штукатурного покрытия или предотвращения его прогрессирующего разрушения в процессе эксплуатации возникает необходимость проведения ремонтных работ. Для оценки ремонтопригодности штукатурки и выбора соответствующей технологии ремонтно-восстановительных работ необходимы точная характеристика и классификация дефектов и повреждений.

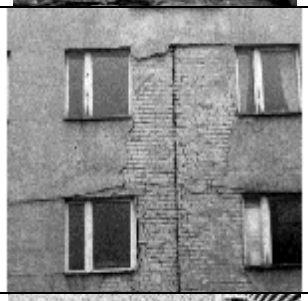
Основные дефекты и повреждения штукатурных покрытий

Требования ВСН 58-88 (р) устанавливают минимальную продолжительность эффективной эксплуатации наружной отделки до капитального ремонта: для штукатурки, выполненной сложным раствором по кирпичу, не менее 30 лет, для терразитовой штукатурки – не менее 50 лет. Образование трещин и других дефектов на фасадах, оштукатуренных по традиционной монолитной технологии, снижает не только установленный нормами срок службы и эксплуатационные характеристики штукатурки как защитного покрытия, но и всей стены как несущей и ограждающей конструкции. Поэтому для разработки мероприятий по устранению дефектов штукатурных покрытий, прежде всего, необходимо проанализировать причины их возникновения, установить характер и возможное развитие этих дефектов.

Для достижения поставленной в работе цели был проведен визуальный осмотр ряда зданий с несущими стенами из кирпича в г. Казани (табл.).

Таблица

Характерные дефекты и повреждения штукатурных покрытий фасадов зданий

Наименование дефекта или повреждения	Общий вид дефекта или повреждения	Причины возникновения
Трещины на поверхности штукатурки		1. Применение жирных или плохо перемешанных составов. 2. Несоблюдение толщины наносимых слоев и времени выдержки предыдущего слоя. 3. Отсутствие армирующей сетки в местах сопряжений. 4. Отсутствие ухода за твердеющей штукатуркой. 5. Осадочные деформации грунта.
Коробление покрытия и образование пустот		1. Недостаточная прочность основания под штукатурку. 2. Проникновение влаги в местах примыканий. 3. Оштукатуривание по влажной поверхности. 4. Нарушение технологии производства работ в зимнее время.
Отслоение штукатурного намета от основания		1. Неправильная подготовка основания под штукатурку. 2. Несовместимость основания и штукатурки по прочности. 3. Нарушение технологии исполнения узлов и примыканий и проникновение влаги. 4. Нанесение накрывочного слоя на пересушенные ранее нанесенные слои раствора, на загрязненную поверхность. 5. Отсутствие ухода за твердеющей штукатуркой. 6. Нарушение технологии производства работ в зимнее время.
Отслоение накрывочного слоя от грунта		

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что на фасадах зданий могут возникать следующие характерные дефекты и повреждения штукатурных покрытий:

- образование трещин – вертикальных, горизонтальных и диагональных;

- отслоение штукатурного намета от основания, в том числе, с разрушением основания;
- отслоение накрывочного слоя от грунта;
- образование пустот и коробление штукатурного покрытия;
- потеря декоративных качеств вследствие образования высолов, атмосферного воздействия и УФ-лучей.

Для осмотренных зданий наиболее распространенными дефектами являются вертикальные трещины и отслоение штукатурного намета от основания.

В работе П.Г. Василика отмечается, что не каждая трещина на фасаде здания считается дефектом штукатурного покрытия [3]. Определяющими факторами при этом могут являться ширина трещины, ее повторяемость и длина, структура рассматриваемой поверхности, а также субъективная оценка эксперта. Автор выделяет следующие разновидности трещин на фасадах зданий:

1. Трещины, обусловленные дефектами здания.
2. Трещины, обусловленные дефектами основания под штукатурку.
3. Трещины, обусловленные дефектами штукатурки (усадочные трещины, тупиковые трещины и трещины, возникающие в результате внутренних напряжений).

В исследовании С.В. Алехина предлагается классифицировать трещины по статической работе [4]:

1. «Статические» (неразвивающиеся) трещины – возникают исключительно в штукатурном слое в результате неблагоприятного соотношения напряжений и нагрузок. При этом штукатурка может растрескиваться по всей толщине, или трещина образуется только в самом верхнем ее слое.
2. «Условно статические» – динамически развивающиеся при воздействии внешних факторов трещины. Причина их возникновения – результат деформаций, например, из-за гигроскопичного и термического разбухания и усадки. В данном случае речь также идет о трещинах, возникших вследствие внутренних напряжений.
3. «Динамические» (сильно нагруженные). Здесь речь идет о развивающихся трещинах, возникающих в результате осадки и движений самого сооружения. Такие трещины могут возникать вследствие изменения окружающей среды, например, при увеличении интенсивности уличного движения, прокладке или пролегании под зданием туннеля метро.

В другом исследовании [5] автором выделяются две группы факторов, влияющих на физико-механические показатели штукатурок: постоянные, проявляющиеся независимо от принятой технологии производства работ, и переменные (технологические), проявляющиеся в процессе устройства штукатурки. К постоянным факторам автор относит вид вяжущего, его количество и активность, вид и количество заполнителя, крупность частиц заполнителя, наличие добавок. К технологическим факторам относятся водовяжущее отношение, продолжительность перемешивания растворной смеси во время ее приготовления, двухступенчатое перемешивания смеси с перерывом, влажность основания, грунтование основы, контактный слой.

Таким образом, с учетом проведенного визуального осмотра штукатурных покрытий и существующих в данной области исследований можно выделить четыре основные группы факторов, влияющих на образование дефектов и повреждений на фасадах зданий и которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и ремонте фасадных систем:

- организационно-технологические;
- эксплуатационные;
- конструктивные;
- рецептурные.

Анализ причин образования дефектов и повреждений штукатурных покрытий

Влияние группы организационно-технологических факторов на качество готового штукатурного покрытия обусловлено непосредственно соблюдением технологии и организации производства работ [6].

Технология устройства традиционной монолитной («мокрой») штукатурки на минеральных вяжущих для получения улучшенного или высококачественного покрытия предполагает нанесение минимум трех слоев: обрызга, грунта и накрывки. Обрызг выполняется жидким раствором подвижностью 8-12 см без выравнивания и предназначен для улучшения сцепления штукатурного намета с основанием. Чем качественнее нанесен обрызг, тем прочнее будет держаться штукатурка. Грунт – это основной слой штукатурного намета, который образует необходимую толщину штукатурки и выравнивает поверхность. Для нанесения грунта применяют штукатурные растворы подвижностью 7-9 см по погружению стандартного конуса. Накрывочный слой выполняется растворной смесью подвижностью 10-12 см для придания поверхности окончательного вида и наносится по схватившемуся грунту с тщательным разравниванием.

На сегодняшний день для отделки фасадов предлагается большой ассортимент штукатурных смесей, в том числе, предназначенных для тонкослойного нанесения. Важным преимуществом тонкослойной штукатурки является возможность ее применения не только для отделки новых зданий, но и при реставрации исторических объектов с фасадами сложных конфигураций. Однако в ряде случаев именно архитектурная ценность реконструируемого объекта накладывает определенные ограничения на выбор технологии устройства штукатурки и предполагает нанесение 2-4-х слоев растворной смеси [7]. В связи с этим большое значение приобретает предварительная подготовка поверхности – очистка и грунтовка основания, расшивка швов, предварительное увлажнение кирпичных стен, устройство армирующей сетки.

В работах [5, 8, 9] отмечается, что на физико-механические показатели штукатурки существенное влияние оказывают подвижность растворной смеси, продолжительность ее перемешивания, влажность основания и подготовка контактного слоя, а также толщина штукатурного намета. Увеличение подвижности растворной смеси с 8 см до 11 см позволяет повысить сцепление штукатурки с кирпичным основанием на 66 % [9]. Создание на контактной поверхности насечек, борозд и рифлений на глубину 2-3 мм способствует увеличению прочности сцепления штукатурки с основанием на 25-30 %. При увеличении длительности перемешивания штукатурной смеси с 3 до 7 минут отмечается повышение трещиностойкости, прочности затвердевшего раствора и адгезии к основанию. Предварительное увлажнение кирпичной поверхности позволяет повысить прочность сцепления штукатурки с основанием на 30-40 %, однако при полном насыщении основания влагой адгезия уменьшается на 35-40 %.

Важным фактором является количественное соотношение вяжущего и заполнителя в составе растворной смеси. Применение слишком жирной смеси может привести к большой усадке затвердевшего раствора, и как следствие, к образованию трещин.

Одной из причин отслоения штукатурного намета от основания и появления трещин является несовместимость основания и штукатурки по прочности. В нормах проектирования (СП 82-101-98) для выполнения обрызга рекомендуются составы растворов с соотношением по объему цемент:заполнитель (песок) от 1:2 до 1:3, для грунта от 1:1,5 до 1:2,5, для накрывочного слоя от 1:1 до 1:1,5. Использование растворов повышенной прочности по основанию из кирпича или по ранее нанесенным слоям (обрызгу, грунту) может вызвать появление напряжений, обусловленных деформациями усадки, и послужить причиной разрушения контактных зон между слоями штукатурного намета [10]. Таким образом, применение цементных растворов повышенной прочности по основанию из керамического кирпича не только приводит к необоснованному перерасходу вяжущего, но и отрицательно сказывается на качестве и долговечности штукатурки.

Нанесение слишком толстого слоя растворной смеси за один проход или нанесение последующего слоя на еще не схватившийся предыдущий может вызвать оплывание штукатурки, нарушение сцепления слоев, появление трещин. Отсутствие необходимого ухода за штукатуркой в процессе производства работ приводит к пересушиванию штукатурки и отрицательно влияет на прочность готового покрытия. Поэтому на стадии производства работ важен операционный контроль качества, в том числе, самоконтроль рабочих.

Не меньшее внимание необходимо уделять технологии исполнения узлов и примыканий [7]. Некачественно выполненное примыкание кровельного ковра к парапету неизбежно приводит к проникновению влаги в толщу стены. В результате речь может

идти уже не только об утрате декоративных качеств отделки фасада, но и о потере стеной прочностных свойств.

Достаточно распространенным нарушением в строительстве является несоблюдение технологии производства работ в зимнее время [11]. Отклонение от запланированных сроков возведения объекта нередко приводит к переносу отделочных работ на осенне-зимний период, что требует особого подхода к их выполнению и тщательного соблюдения температурного режима при использовании штукатурных смесей с противоморозными добавками, а также при работе в тепляках. Производство штукатурных работ при температуре наружного воздуха ниже + 5^0С приводит к деструктивным изменениям поровой структуры твердеющего раствора [12, 13]. Непрогнозируемые заморозки, снижение температуры ниже допустимого уровня в ночное время существенно повышают риски замедления или прекращения процессов гидратации гидравлических вяжущих в составах штукатурных смесей и снижают эксплуатационные характеристики штукатурки [14].

Результатом воздействия эксплуатационных факторов является образование трещин, в том числе, динамически развивающихся, появление высолов, неравномерной окраски, мокрых пятен на фасаде. К эксплуатационным факторам можно отнести:

1. Осадочные деформации грунтов.

2. Динамические и вибрационные воздействия при забивке свай, прокладке метро, от движущегося транспорта.

3. Влияние дымовых газов и продуктов сгорания различного происхождения, содержащих серную или сернистую кислоту и другие опасные соединения.

4. Воздействие ветра и содержащихся в воздухе и атмосферных осадках химических реагентов, а также УФ-излучение.

5. Неправильное или некачественное выполнение отвода воды с покрытия, несвоевременный ремонт водоотводящих поясков.

Конструктивные факторы связаны с особенностями при проектировании стеновых конструкций. Зачастую не учитывается несовместимость материала наружной стены и штукатурки, когда стена выполняется из газобетонных блоков, а штукатурка – из цементно-песчаного раствора с плохой паропроницаемостью. Как следствие, влага из помещения проникает через газобетон, упирается в плотную штукатурку, и зимой происходит промерзание и разрушение штукатурки и стены.

В последние годы широкое применение находят системы с наружной теплоизоляцией стен и тонкослойной штукатуркой. Конструктивно такая система работает хорошо, стена находится в сухом состоянии, «точка росы» вынесена в толщу утеплителя, и практически отсутствуют «мостики холода». Однако в подобных системах также имеются некоторые особенности: утеплитель для углов оконных и дверных проемов рекомендуется выполнять из Г-образных элементов, вырезанных из цельной плиты. Углы необходимо дополнительно армировать сеткой, а примыкание к неутепляемым поверхностям (например, к цоколю), выполнять через температурно-деформационный шов (уплотнительный шнур + герметик).

Несоблюдение уклона балконов от стены для обеспечения стока дождевых вод приводит к постоянному переувлажнению стен, проникновению влаги через трещины в толщу штукатурки и намоканию стеновых конструкций. Результатом такого воздействия может стать отслоение и коробление отделочного слоя, а также снижение несущей способности наружных стен здания.

Рецептурные факторы определяют основные физико-технические свойства штукатурных растворов и напрямую влияют на качество и долговечность штукатурных покрытий фасадов зданий. Регулируя свойства материалов, в определенной степени можно нивелировать влияние как технологических, так и эксплуатационных и конструктивных факторов.

Введением химических добавок можно повысить адгезию штукатурки к основанию, ее морозостойкость и трещиностойкость, получить покрытия, обладающие водоотталкивающими свойствами, и таким образом, снизить отрицательное воздействие атмосферных осадков. Правильный подбор фракционного состава заполнителя позволяет оптимизировать прочностные показатели растворных смесей и одновременно уменьшить

расход вяжущего. Эффективным способом регулирования строительно-технологических свойств штукатурных смесей является применение в их составах добавок-наполнителей из природного минерального сырья, а также побочных продуктов производства [15]. Это позволяет повысить водоудерживающую способность растворных смесей, их жизнеспособность, а также улучшить их удобоукладываемость.

Заключение

Рассмотренные причины образования дефектов и повреждений штукатурных покрытий фасадов зданий находятся в тесной взаимосвязи, и степень влияния каждого из этих факторов в отдельности оценить невозможно. Таким образом, проблема качества и долговечности штукатурных покрытий является комплексной и должна решаться в нескольких основных направлениях:

1. Усовершенствование технологии производства штукатурных работ, особенно в области деформационных швов, в простенках и местах сопряжения конструкций.
2. Операционный контроль качества штукатурных работ на месте их производства и минимизация влияния «человеческого» фактора.
3. Устранение технологических и конструктивных факторов еще на стадии проектирования и строительства объекта.
4. Контроль за эксплуатацией зданий и своевременное проведение планово-предупредительных ремонтных работ.
5. Продолжение исследований в области модификации свойств материалов для отделки фасадов с учетом существующего опыта.

Список библиографических ссылок

1. Баянова Д. Р., Павлов В. В. Повреждения стен зданий старой постройки : в сб. «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции». Материалы III Международной (IX Всероссийской) конференции. 2016. С. 240–243.
2. Шаленний В. Т., Скокова А. О. Результати кореляційно-регресійного аналізу впливу архітектурно-планувальних властивостей і ушкоджень фасадів на вартість та трудомісткість робіт з відновлення їх зовнішньої теплоізоляції і опорядження // Будівництво та техногенна безпека. 2012. № 42. С. 90–97.
3. Василик П. Г., Голубев И. В. Штукатурка для ликвидации трещин в фасадах зданий // Сухие строительные смеси. 2014. № 5. С. 28–31.
4. Алехин С. В. Внимание: трещины на фасаде // Стройпрофиль. 2004. № 5 (35). С. 40–41.
5. Molodid O. Technological factors affecting in performance indicators plaster // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2012. № 1 (12). С. 66–69.
6. Медяник Ю. В. О влиянии технологических факторов на долговечность фасадной штукатурки // сб. науч. тр. по матер. междунар. науч.-практ. конф. «Наука и образование в жизни современного общества». Ч. 9. Тамбов : ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. С. 75–77.
7. Тишкин Д. Д., Барболин К. И. К вопросу о повышении долговечности штукатурных фасадов зданий // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 135–139.
8. Медяник Ю. В. Свойства штукатурных растворов с добавкой-наполнителем из шламовых отходов теплоэлектростанций // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 365–369.
9. Уманець І. М. Технологія влаштування санувальної перлітової штукатурки // Автореферат канд. дисс. на соіск. ступеня канд. техн. наук. Київ, 2012. 20 с.
10. Франке Р. Легкие штукатурки компании QUICK-MIX: системный подход, определение, свойства // Сухие строительные смеси. 2012. № 2. С. 10–13.
11. Никитин А. Фасады: особенности зимних технологий // Стройпрофиль. 2013. № 2 (105). С. 18–20.

12. Hewlett P. Lea′s Chemistry of Cement and Concrete. Oxford, United Kingdom, 2004. 1066 p.
13. Matschei T., Glasser F. P. Temperature dependence, 0 to 40^{0}C, of the mineralogy of Portland cement paste in the presence of calcium carbonate // Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. Iss. 5. P. 763–777.
14. Пашкевич С. А., Пустовгар А. П., Адамцевич А. О. Оценка рисков устройства фасадных теплоизоляционных композиционных систем при суточных колебаниях температуры воздуха ниже +5^{0}С // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 15–21.
15. Медяник Ю. В. Исследование характера новообразований цементного камня при твердении в присутствии карбонатсодержащего наполнителя // Известия КГАСУ. 2013. № 4 (26). С. 233–239.

Medyanik Yulia Vladislavovna
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: julia-707@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Classification and analysis of defects and damages of plaster coatings of building facades

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to study the causes of the formation of defects and damage to plaster coatings of building facades made using traditional monolithic technology, their classification and analysis.

Results. Examination of the facades of brick buildings was carried out and the most characteristic defects and damages of the plaster coatings appearing during the construction and operation of the objects were revealed: the formation of cracks and voids, the detachment of the plaster from the base, the loss of decorative qualities. A classification of the factors influencing the appearance of these defects and damages is proposed, and their analysis is performed. The main directions of solving the quality and longevity problem of plaster coatings are formulated.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to clarify and develop the classification features of defects and damage to facade plaster coatings, which is necessary to determine the causes of their occurrence and to choose the appropriate repair technology.

Keywords: facades of buildings, plaster coatings, defects, damages, plastering, repair.

References

1. Bayanova D. R., Pavlov V. V. Damage of the walls of buildings of old construction: in dig. «New in architecture, design of building structures and reconstruction». Materials of the III International (IX All-Russian) Conference. 2016. P. 240–243.
2. Shalenniy V. T., Skokova A. O. Results of correlation-regression analysis of the influence of architectural and planning parameters and damages of facades on the cost and laboriousness of work to restore their external thermal insulation and finishing // Construction and technogenic safety. 2012. № 42. P. 90–97.
3. Vasilik P. G., Golubev I. V. Plaster for the elimination of cracks in the facades of buildings // Sukhie stroitelnie smesi. 2014. № 5. P. 28–31.
4. Alekhine S. V. Note: cracks in the facade // Stroyprofil. 2004. № 5 (35). P. 40–41.
5. Molodid O. Technological factors affecting in performance indicators plaster // Modern technologies, materials and constructions in construction. 2012. № 1 (12). P. 66–69.
6. Medyanik Y. V. The influence of technological factors on the durability of facade plaster // Coll. of scient. works on the mater. intern. scientific and practical. conf. «Science and

education in modern society». P. 9. Tambov : TROO «Business-Science-Society», 2012. P. 75–77.
7. Tishkin D. D., Barbolin K. I. On the issue of increasing the durability of plaster facades of buildings // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2017. № 6 (65). P. 135–139.
8. Medyanik Y. V. Properties of plaster solutions with sludge waste additives from thermal power plants // Izvestiya KGASU. 2016. № 4 (38). P. 365–369.
9. Umanets I. M. Technology of sanifying perlite plaster // The master's thesis author's abstract on competition of degree of a Cand. Techn. Sci. Kiev, 2012. 20 p.
10. Franke R. QUICK-MIX lightweight plasters: system approach, definition, properties // Sukhie stroitelnie smesi. 2012. № 2. P. 10–13.
11. Nikitin A. Facades: features technologies winter // Stroyprofil. 2013. № 2 (105). P. 18–20.
12. Hewlett P. Lea′s Chemistry of Cement and Concrete. Oxford, United Kingdom, 2004. 1066 p.
13. Matschei T., Glasser F. P. Temperature dependence, 0 to 40^0C, of the mineralogy of Portland cement paste in the presence of calcium carbonate // Cement and Concrete Research. 2010. Vol. 40. Iss. 5. P. 763–777.
14. Pashkevich S. A., Pustovgar A. P., Adamtsevich A. O. Risk evaluation of composite heat insulation facade systems installation in the conditions of diurnal temperature variations under $+5^0$C // Inzhenerno-stroitelnyi Zhurnal. 2012. № 8 (34). P. 15–21.
15. Medyanik Y. V. The study of character of cement stone neoplasms during the hardening in the presence of carbonate filler // Izvestiya KGASU. 2013. № 4 (26). P. 233–239.

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

Снижение пиковых нагрузок при пуске механизма подъема груза в кранах

Аннотация

Постановка задачи. Работа механизмов подъема груза строительных кранов относится к повторно-кратковременному режиму работы, который характеризуется количеством включений от 60 до 360 в час, в зависимости от режима работы. Каждый цикл имеет три периода работы: пуск и разгон, установившееся движение, торможение и остановка. В периоды пуска и торможения груза возникают большие динамические нагрузки от подъема груза и от вращающихся частей привода, отрицательно влияющие на прочность элементов механизма и перегрузку источника привода. Цель исследования – найти варианты снижения динамических нагрузок в механизме подъема.

Результаты. Проведен расчет механизма подъема груза по заданным параметрам. Определены математические значения динамических нагрузок от подъема груза и от вращающихся элементов привода. Установлено, что динамические моменты от вращающихся элементов привода в 19 раз больше таковых от подъема груза. Показаны практические методы уменьшения пиковых нагрузок уменьшением момента инерции соединительной муфты, изготовлением ее из композитных материалов и увеличением времени пуска электродвигателя.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в существенном снижении влияния динамических нагрузок во время пуска и торможения на элементы и источник привода, и увеличение ресурса его работы и производительности за счет использования композитных материалов для изготовления муфты.

Ключевые слова: переменная линейная и угловая скорости, ускорение, динамические нагрузки от переменных скоростей подъема и вращения элементов привода, композитные материалы.

Введение

Строительные грузоподъемные машины имеют цикличный характер работы, который характеризуется повторно-кратковременным режимом. Госгортехнадзор определил пять режимов работы (групп режима): ручной, Л (1,2,3), С (4), Т (5) и ВТ(6).. Особенность режимов заключается в количестве включений в час. Так, при легком режиме происходит 60 включений в час, при среднем-120 включений, при тяжелом – 240 и при весьма тяжелом – 360 включений в час.

Как видно из примера числа включений, один цикл работы при весьма тяжелом режиме составляет в среднем 10 секунд. Сюда входят периоды: пуск и разгон, установившееся движение, торможение и остановка. Периоды с переменной скоростью движения относятся к нестационарному режиму, при котором возникают большие динамические давления от того, что звенья механизма подъема в эти периоды имеют переменные скорости движения, в результате чего возникают ускорения и соответственно движению силы или моменты инерции.

Известны теоретические исследования динамики и моделирование привода механизма подъема [1], экономико-математическая модель работы крана [2], расчет и конструирование кранов [3, 4], расчет конструкций и теория электропривода кранов [5-7], анализ и синтез крановых систем [8], напряженное состояние сталежелезобетонных балок [9], положения и законы теоретической механики [10], публикации зарубежных авторов [11, 12] и др.

Теоретические исследования касались общих показателей работы механизмов грузоподъемных машин, характеризовались громоздким математическим аппаратом

вычислений и сложными компьютерными программами, использование которых производственникам затруднено.

В опубликованных материалах мало внимания уделено тщательному анализу работы механизма подъема в период пуска и торможения с учетом динамических показателей, тому, какие инерционные моменты наиболее опасны, каким образом их можно практически уменьшить.

Цель работы – рассчитать механизм подъема, выявить и определить динамические инерционные моменты в период пуска механизма подъема, их воздействие на элементы передачи и источник привода, предложить практические решения по уменьшению их величин.

Исследование и анализ результатов

Исходными данными для расчета механизма подъема должны быть заданы:

- грузоподъемность Q, т (примем Q=3,5 т);
- скорость подъема груза v, м/с (примем v=0,1 м/с);
- высота подъема H, м (примем H=5м);
- режим работы ПВ, % (примем ПВ ≤15 % – легкий режим).

Расчет механизма подъема производится в следующей последовательности.

1. В зависимости от значения грузоподъемности Q=3,5 т и скорости подъема груза v= 0,1 м/с назначается схема подвеса груза – тип и кратность полиспаста, примем одинарный полиспаст кратностью i=3, КПД блока $h_{бл}$=0,98.

2. Определяется максимальное натяжение S_{max} в канате по формуле:

$$S_{max} = \frac{mg}{i_n \eta} = \frac{3500 \cdot 9{,}81}{3 \cdot 0{,}94} = 12175\ H = 12{,}17\ кН, \quad (1)$$

где mg – вес груза, Н; $i_п$ – кратность полиспаста; h – КПД полиспаста (h=0,94).

3. Определяется диаметр каната $d_к$ по выражению:

$$S_{max} \cdot n \le S = 12{,}17 \cdot 5{,}0 = 60{,}85\ кН,$$

где n – коэффициент запаса (для легкого режима n=5,0); S – разрывное усилие в канате.

Подходит канат диаметром 11,0 мм, у которого разрывное усилие S=65,8 кН.

4. Определяется диаметр барабана и блоков по выражению, (e=20 по Госгортехнадзору для легкого режима):

$$D_б \ge d_k \cdot e \ge 11{,}0 \cdot 20 \ge 220\ мм.$$

Принимаем диаметр барабана и блоков, равным 250 мм.

5. Определяется мощность на подъем груза:

$$N = mg \cdot V/1000 = 3500 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}1/1000 = 3{,}4\ кВт.$$

6. Определяется мощность электродвигателя:

$$N_э = N/h_0 = 3{,}4 / 0{,}8 = 4{,}25\ кВт.$$

7. По $N_э$=4,25 кВт с учетом ПВ=15 % подбирается электродвигатель мощностью меньше или равной расчетной из серий АОС2, МТК, MTF. Подходит электродвигатель МТК-111-6, у которого $N_э$=3,5 кВт, n=875 мин$^{-1}$ ($w=\pi n/30=3{,}14 \cdot 875/30=91{,}6$ рад/с), J=0,045кгм^2, $M_к$=105 Н·м, M_{max}=105 Н·м, $M_п=0{,}5(M_к+M_{max}) \cdot 0{,}85^2=0{,}5(105+105) \cdot 0{,}72=75{,}8$ Н·м, $d_в$=35 мм.

8. Определяется угловая скорость вращения барабана:

$$w_б = 2vi_п/D_б = 2 \cdot 0{,}1 \cdot 3/0{,}25 = 2{,}4\ рад/с.$$

9. Определяется передаточное отношение редуктора:

$$u_p = w/w_б = 91{,}6/2{,}4 = 38{,}16.$$

10. Производится подбор редуктора по u_p=38,16 с учетом частоты вращения вала электродвигателя n=875 мин$^{-1}$, ПВ=15 % и $N_э$=3,5 кВт.

Подходит ближайший по передаточному отношению и другим параметрам редуктор РМ-350-11, у которого u_p=40,17, N_p=3,6 кВт, $d_в$=40 мм – конический.

11. Определяется КПД редуктора, по формуле:

$$h_p = h^2_{зп}\, h^3_{пп} = 0{,}98^2 \cdot 0{,}99^3 = 0{,}93.$$

Уточняется общее значение КПД привода:

$$h_0 = h_п\, h_б\, h_м\, h_p = 0{,}94 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}93 = 0{,}85.$$

12. Так как передаточное отношение выбранного редуктора равно u_p=40,17, а расчетное значение равно u_p=38,16, то скорость подъема груза не будет равна заданной величине v=0,1 м/с, по этой причине несовпадение передаточных отношений корректируется диаметром барабана, для этого определяется угловая скорость барабана при выбранном редукторе, т.е.:

$$w_б = w/u_p = 91{,}6/40{,}17 = 2{,}28 \text{ рад/с}.$$

Уточняется действительный диаметр барабана:

$$D_б = 2vi/w_б = 2\cdot 0{,}1\cdot 3/2{,}28 = 0{,}263 \text{ м} = 263 \text{ мм}.$$

13. Производится выбор муфты по моменту $M=к\cdot M_в$ с учетом соединяемых валов электродвигателя $d_э$=35 мм и вала редуктора $d_р$=40 мм, $к$ = 2–4, (примем $к$=3), $M_в$=1000N/w =1000·3,5/91,6=38,21 Н·м. и по M=3·38,21=114,6 Н·м с учетом d (35, 40) мм выбирается муфта МУВП-6, у которой M=700 Н·м, J=0,188 кгм^2, $D_{ш}$=300 мм, d = (от 35 до 55) мм.

14. Производится подбор колодочного тормоза нормально замкнутого типа по формуле $M_т=к_р M_c^т$ с учетом диаметра тормозного шкива (с полудиском муфты $D_{ш.}$= 300 мм) и ПВ=15 %. $к_р$=1,5 по Госгортехнадзору для легкого режима, $M_c^т = mgD_б h_o/2u_o$=3500·9,81·0,263·0,85/2·40,17·3=31,84 Н·м и $M_т=к_р M_c^т$=1,5·31,74=47,76 Н·м.

По $M_т$=47,76 Н·м с учетом $D_{ш.}$=300 мм и ПВ=15 % подбирается тормоз ТКТ-300/200, у которого $M_т$=240 Н·м и $D_{ш.}$=300 мм, и ПВ=15 %.

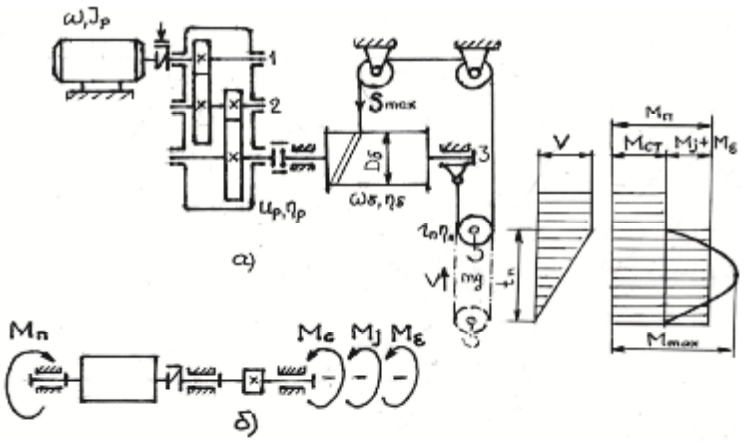


Рис. Схема рассчитанного механизма подъема груза

Рассчитанный механизм подъема представлен на рис. 1а.

Механизм подъема включает электродвигатель, соединительную муфту с тормозным шкивом, редуктор типа РМ или Ц-2, барабан и полиспаст.

На правой стороне рисунка изображен график изменения скорости V подъема груза от начала движения за время t_n до постоянной скорости V подъема и графики действующих моментов.

При динамическом исследовании механизма подъема использованы положения динамики машин: метод кинетостатики, приведение сил и моментов к одному звену, принцип Даламбера, условие равновесия сил и моментов из теоретической механики.

Поставленная задача решается приведением сил и моментов к ведущему звену-ротору электродвигателя с жестко закрепленными с ним муфтой и ведущим валом редуктора. Здесь многозвенный механизм подъема заменяется эквивалентным по действию двухзвенным механизмом, кинематическая схема которого показана на рис.1б.

Уравнение равновесия ротора двигателя моментов при пуске запишется [13]:

$$M_n - M_c - M_J - M_\varepsilon = 0, \qquad (2)$$

где M_n – активный момент ротора электродвигателя, Н·м;

M_c – статический момент от поднимаемого груза и сил трения, Н·м;

M_J – инерционный момент от подъема груза с переменной скоростью, Н·м;

M_ε – инерционный момент от вращающихся частей привода, Н·м.

Значения моментов представим через параметры рассчитанного механизма подъема, так:

$$M_c = \frac{mgD_б}{2u_o h_o}, \quad (3)$$

где mg – вес груза, Н;
$D_б$ – диаметр барабана, м;
u_o – общее передаточное отношение ($u_o = u_p \cdot i_n$ – здесь u_p – передаточное отношение редуктора; i_n – кратность полиспаста);
η_o – общее значение КПД ($\eta_o = \eta_p\, \eta_б\, \eta_м\, \eta_n$, здесь η_p – КПД редуктора; $\eta_б$ – КПД барабана; $\eta_м$ – КПД муфты; η_n – КПД полиспаста).

Момент, возникающий от подъема груза с неравномерной скоростью равен:

$$M_j = \frac{mgD_б w D_б}{2u_o h_o 2u_p g t_п} = M_c \frac{w D_б}{2u_р g t_п}, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость вала электродвигателя, рад/с;
t_n – время пуска механизма подъема, с.

Момент M_ε от вращающихся частей привода составит:

$$M_e = (1{,}1 \ldots 1{,}2) J_1 e_1 = d J_1 e_1 = d J_1 \frac{w}{t_п}, \quad (5)$$

где δ – коэффициент, учитывающий моменты инерций второго и последующих валов (δ=1,1…1,2);
J_1 – момент инерции первого вала, кгм^2 ($J_1 = J_p + J_м + J_{1p}$, где J_p – момент инерции ротора электродвигателя, $J_м$ – момент инерции муфты, $J_{1р}$- момент инерции первого вала редуктора – нет сведений).

Таким образом, уравнение движения ротора в первый период работы запишется:

$$M_п - M_c - M_c \frac{w D_б}{2u_p g t_п} - d J_1 \frac{w}{t_п} = 0. \quad (6)$$

Статический момент сопротивления будет равен:

$$M_c = \frac{mgD_б}{2u_o h_o} = \frac{3500 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}263}{2 \cdot 40{,}17 \cdot 3 \cdot 0{,}85} = 44{,}07 \text{ Н·м.}$$

Момент инерции от подъема груза в период пуска составит:

$$M_j = M_c \frac{w D_б}{2u_р g t_п} = \frac{44{,}07 \cdot 91{,}6 \cdot 0{,}263}{2 \cdot 40{,}17 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}7} = \frac{1061{,}68}{551{,}69} = 1{,}92 \text{ Н·м.}$$

Момент от вращающихся элементов привода, ($J_1 = J_p + J_м + J_{1p}$=0,045+0,188=0,233 кгм^2):

$$M_e = d J_1 \frac{w}{t_п} = \frac{1{,}2 \cdot 0{,}233 \cdot 91{,}6}{0{,}7} = 36{,}59 \text{ Н·м.}$$

Анализ цифровых значений моментов показал, что момент инерции M_ε от вращающихся частей привода равен 36,59 Н·м, а от подъема груза M_J – 1,92 Н·м., т.е. момент от вращающихся деталей больше в 19 раз момента от подъема груза.

Из этого следует, что необходимо в первую очередь уменьшать момент инерции муфты.

Снижение момента инерции соединительной муфты, существенно влияет на пиковую динамическую нагрузку и дальнейшие действия в изыскании мер снижения момента инерции следует проводить в этом направлении.

В отечественном машиностроении имеется богатейший опыт применения композиционных материалов в космонавтике, авиации и других разделах техники по уменьшению массы машин и приборов. Изготовление изделий из композиционных материалов не вызывает особых трудностей и проблем.

Мы считаем, что необходимо использовать композиционные материалы и в строительной технике, в том числе и в механизмах подъема груза, механизмах передвижения и поворота для изготовления муфт.

Для изготовления муфт можно рекомендовать следующие материалы. В первую очередь можно использовать продукцию из углеродного волокна, используемую в автомобилестроении много лет. Изделия из углеволокна имеют небольшую массу и обладают высокой прочностью, их масса в 5 раз меньше массы стали и в 1,8 раза легче массы алюминия.

Другой материал – карбон по прочности превосходит сталь в 12,5 раз, по массе меньше в 6 раз.

Композитный материал для изготовления муфт превосходит по всем показателям традиционный материал из стали.

Например, изготовленная муфта диаметром 300 мм и толщиной торцовых стенок 50 мм из композитного материала углеволокна будет иметь момент инерции 0,013 кгм^2 и $J_1=J_р+J_м+J_{1р}$ =0,045 +0,013 = 0,058 кгм^2.

$$M_е = dJ_1 \frac{w}{t_п} = \frac{1,2 \cdot 0,058 \cdot 91,6}{0,7} = 9,10 \text{ Н·м.}$$

Момент инерции от вращающихся элементов привода составит 9,10 Н·м, существенно уменьшается в сравнении с муфтой, изготовленной из стали.

К сведению, разработкой изделий из композиционных материалов деталей успешно занимается Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения, который является головной организацией в отрасли по разработке конструкций для оборонной техники.

В Татарстане также много организаций, занимающиеся изготовлением изделий из композитных материалов: «Татнефть-Пресскомпозит», авиационный завод «Капо-Композит», «Татхим Пласт», центр композитных технологий КНИТУ-КАИ и др.

Так образом, изготовить муфты для механизмов грузоподъемных машин не составит особого труда.

Второй способ уменьшения моментов инерции – увеличение времени пуска и разгона, которое определено из выражения (6):

$$t_п = \frac{M_c w D_б + 2u_p g dJ_1 w}{2u_p g(M_п - M_c)} = \frac{44,07 \cdot 91,6 \cdot 0,263 + 2 \cdot 40,17 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 0,233 \cdot 91,6}{2 \cdot 40,17 \cdot 9,81 \cdot (75,8 - 44,07)} = 0,7 \text{ с.}$$

Увеличить время пуска можно несколькими способами.

Одним из перспективных способов является изменения частоты питающего напряжения посредством преобразователя частоты. Для этой цели можно использовать универсальные малогабаритные преобразователи векторного типа серии PROSTAR PR61100 для асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Возможны и другие варианты изменения частоты вращения ротора: регулирование дополнительным сопротивлением цепи ротора, изменение напряжения, подводимого к обмотке статора, регулирование путем изменения числа пар полюсов и др.

Например, увеличение времени пуска на одну секунду от 0,7 до $t_п$=1,7 с уменьшит момент инерции от вращающихся частей привода до величины:

$$M_е = dJ_1 \frac{w}{t_п} = \frac{1,2 \cdot 0,058 \cdot 91,6}{1,7} = 3,75 \text{ Н·м.}$$

Что существенно снизило момент от вращающихся частей привода.

Можно увеличить время пуска электродвигателя введением упругого элемента между полудисками соединительной муфты, при наличии которого система разгоняется в два этапа: сначала разгоняется электродвигатель до закручивания упругого элемента, затем деформируется упругий элемент, преодолевая сопротивление и динамическую нагрузку. Время дополнительного увеличения пуска зависит от угла закручивания упругого элемента и может варьировать в пределах 0,6-1,5 с.

Кроме того, упругий элемент компенсирует несоосность и перекос валов электродвигателя и редуктора, уменьшает ударные нагрузки в период пуска и торможения груза.

Заключение

1. Работа механизма подъема груза грузоподъемных кранов и машин относится к повторно-кратковременному режиму работы, при котором в период пуска и торможения груза возникают кратковременные пусковые нагрузки от приведенных моментов от поднимаемого груза с переменной скоростью и от вращающихся элементов привода. Пиковые нагрузки отрицательно действуют как на элементы механизма, так и на источник привода – электродвигатель.

2. Инерционный момент от вращающихся элементов привода в 19 раз превышает таковой от подъема груза и его необходимо уменьшать.

3. Одним из эффективных способов уменьшения момента от вращающихся элементов привода является уменьшение момента инерции муфты. Перспективно для этой цели изготовление конструкции муфты из композитных материалов, например, из углеродного волокна или карбона, масса которых более чем в 6 раз меньше, а прочность более чем в 12 раз больше, чем у изделий из стали.

4. Второй способ уменьшения момента от подъема груза и вращающихся элементов привода – увеличение времени пуска и разгона посредством регулирования частоты вращения электродвигателя. Изменять частоту вращения вала электродвигателя возможно несколькими способами: посредством изменения напряжения питания, переключением обмоток статора со звезды на треугольник, изменением числа пар полюсов, дополнительным сопротивлением в цепи ротора.

5. Следующий способ увеличения времени пуска подъема груза – это введение упругого элемента в муфте, при наличии которого система разгоняется в два этапа: сначала разгоняется двигатель до закручивания упругого звена, затем деформируется упругое звено, преодолевая сопротивление и динамическую нагрузку.

Список библиографических ссылок

1. Анферов В. Н., Демиденко О. В., Кузнецов С. М., Серов М. Ю., Васильев С. И. Экономико-математическая модель работы стреловых кранов // Строительные и дорожные машины. 2014. № 4. С. 35–40.
2. Абрамов Б. Н., Гнездилов С. Г. Исследование динамических нагрузок мостового крана при работе механизма подъема. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. 55 с.
3. Мандровский К. П. Анализ динамики грузоподъмных кранов методом приведенных расчетных схем. М. : МАДИ, 2014. 16 с.
4. Колода С. Ф. Расчет и конструирование крановых механизмов. Мариуполь : Приазовский государственный технический университет, 2011. 345 с.
5. Александров М. П., Колобов Л. Н., Лобов И. Н. Грузоподъемные машины. М. : Машиностроение, 2000. 400 с.
6. 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.
7. Москаленко В. В. Привод электрический. М. : ИЦ «Академия», 2005. 368 с.
8. Герасимяк Р. П., Лещев В. А Анализ и синтез крановых электромеханических систем. Одесса : СМИЛ, 2008. 192 с.
9. Замалиев Ф. С. Напряженное состояние преднапряженных сталежелезобетонных балок от действия эксплуатационных нагрузок // Известия КГАСУ, № 3 (41). 2017. С. 87–97.
10. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики. Ч. 1. СПб., 2009. 480 с. ; Ч. 2, СПб. : Лань, 2009. 336 с.
11. Perez A. and McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME, Vol. 125, 2003. P. 98–104.
12. Hofmann S., Storz M. Doppelschraubgetriebe // Sonderdruck aus Ant-riebstechnik 34. 1995. № 8.
13. Мудров А. Г. Анализ работы механизма подъема грузоподъемных машин // Вестник КГАУ № 2, 2015. С. 66–70.

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

Reduction of peak loads when starting the mechanism of lifting the load in the cranes

Abstract

Problem statement. The work of the lifting mechanisms of the load of building cranes refers to a re-short-term operation, which is characterized by the number of inclusions from 60 to 360 per hour, depending on the mode of operation. Each cycle has three periods of operation: start and acceleration, steady motion, braking and stopping. During the periods of starting and braking loads, there are large dynamic loads from the lifting of the load and from the rotating parts of the drive, which negatively affect the strength of the elements of the mechanism and the overload of the drive source. The purpose of the study is to find options for reducing dynamic loads in the lifting mechanism.

Results. Calculation of the mechanism of lifting the load according to the specified parameters is carried out. The mathematical values of the dynamic loads from the lifting of the load and from the rotating elements of the drive are determined. It is established that the dynamic moments from the rotating elements of the drive are 19 times greater than those from lifting the load. Practical methods of reducing peak loads by reducing the moment of inertia of the coupler, fabricating it from composite materials and increasing the starting time of the electric motor are shown.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to significantly reduce the effect of dynamic loads during start-up and braking on the elements and source of the drive, and increase the resource of its operation and productivity through the use of composite materials for the manufacture of the coupling.

Keywords: variable linear and angular velocities, acceleration, dynamic loads from variable speeds of lifting and rotation of drive elements, composite materials

References

1. Anferov V. N., Demidenko O. V., Kuznetsov S. M., Serov M. Yu., Vasilyev S. I. Economic and mathematical model of jib cranes operation // Stroitel'nye I dorozhnye Mashiny. 2014. № 4. P. 35–40.
2. Abramov B. N., Gnezdilov, S. G., Investigation of dynamic load of bridge crane with the lifting mechanism. M. : MSTU. H.E. Bauman. 2013. 55 p.
3. Mandrovskiy K. P. Analysis of the dynamics of cargo cranes by the method of reduced calculation schemes. M. : MADI, 2014. 16 p.
4. Koloda S. F. Calculation and design of crane mechanisms. Mariupol : Priazovsky state technical University, 2011. 345 p.
5. Alexandrov M. P., Kolobov L. N., Lobov I. N., etc. Hoisting machine. M. : Mechanical Engineering, 2000. 400 p.
6. 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.
7. Moskalenko V. V. electric Drive. M. : IC «Academy», 2005. 368 p.
8. Gerasymiak R. P., Leshchev V. A. Analysis and synthesis of crane Electromechanical systems. Odessa : SMIL, 2008. 192 p.
9. Zamaliev F. S. the Stress state of prestressed concrete beams from the action of operational loads // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 87–97.
10. Buchholz N. N. The main course of theoretical mechanics. Part 1.10 ed. SPb., 2009. 480 p.; Part 2. 7th ed. SPb. : Lan’, 2009. 336 p.
11. Perez A. and McCarthy J. M. Dimensional Synthesis of Bennett Linkages, Transactions of the ASME, Vol. 125, 2003. P. 98–104.
12. Hofmann S., Storm M. Doppelschraubgetriebe // Sonderdruck aus Antriebstechnik 34. 1995. № 8.
13. Mudrov A. G. Analysis of the operation of the lifting mechanism of hoisting machinery. // Vestnik KGAU. 2015. № 2. P. 66–70.

УДК 69.05
Мухаметрахимов Рустем Ханифович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Панченко Анастасия Александровна
инженер ПТО
ООО «Инжстрой»
Адрес организации: 420034, Россия, г. Казань, ул. Ленская, д. 10

Особенности технологии изготовления, монтажа и контроля качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции

Аннотация

Постановка задачи. Трубопровод – это главная и основная часть инженерно-коммуникационной инфраструктуры жилых и производственных зданий. От качества самих труб, их изоляции, качества монтажа зависит эксплуатационный срок службы инженерных систем. Цель исследований – изучить особенности технологии изготовления, монтажа и контроля качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции.

Результаты. В статье поэтапно рассмотрены процессы изготовления труб в ППУ ПЭ изоляции, технология их монтажа. Выявлены основные дефекты, несоответствия и причины их возникновения на данных этапах.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в уточнении особенностей системы контроля качества при изготовлении и монтаже труб ППУ ПЭ. Установлено, что причиной многочисленных дефектов является некачественный входной контроль, а также операционный контроль при изготовлении и монтаже труб в ППУ ПЭ изоляции. Предложен состав операций и средства контроля качества при устройстве трубопроводов.

Ключевые слова: трубы ППУ ПЭ, технология и организация строительства, монтаж, дефекты, повреждения, контроль качества.

Введение

В рамках реализации Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в практику строительства активно внедряются новые материалы и технологии, позволяющие существенно сохранять энергетические и материальные ресурсы при эксплуатации объектов капитального и линейного строительства, а так же увеличить срок их службы. Анализ реализации энергетической стратегии России на период до 2020 года [1] показывает, что использование некачественных теплоизоляционных материалов в процессе строительства теплотрасс является причиной одной из основных проблем энергосбережения в России. К сожалению, на сегодняшний день нельзя признать удовлетворительной внедрение энергетической стратегии на период до 2020 года: не произошло уменьшение тепловых потерь системы централизованного теплоснабжения на 60 %, а так же увеличения производства тепловой энергии на 34 % [2]. Это подтверждает существующая статистика [2]: износ основных фондов централизованного теплоснабжения увеличился с 65 % до 70 % с 2010 года; срочный капитальный ремонт или полная замена требуются 82 % тепловых сетей, при этом теплопотери тепловых сетей составляют 30 %. На 100 км теплопроводов централизованного теплоснабжения приходится более 70 повреждений. Вышесказанное показывает, что основным направлением экономической и энергетической политики страны является повышение эффективности в сфере теплоснабжения. Значительный износ тепловых сетей требует значительных финансовых затрат. Применение труб в ППУ ПЭ изоляции с системой операционного дистанционного контроля (СОДК) позволит сократить потери теплоносителя, повысить его энергетический потенциал, увеличить

срок службы, что должно привести к снижению тарифов на тепловую энергию и достижения поставленных целей до 2030 года.

Трубопровод – это главная и основная часть инженерно-коммуникационной инфраструктуры жилых и производственных зданий. От качества самих труб и их изоляции целиком зависит эксплуатационный срок службы инженерных систем. Трубопровод с течением времени быстро изнашивается по разным причинам – коррозия и перепады температур, нарушения правил изготовления, монтажа и эксплуатации. Для снижения тепловых потерь разработана технология по ГОСТ 30732-2006, по которой трубы предварительно изолируют пенополиуретаном (ППУ), а для их гидроизоляции используют полиэтиленовую либо оцинкованную оболочку.

Анализ работ, выполненных за последнее время, свидетельствует об активном исследовании вопросов совершенствования производства, повышения качества монтажа и эксплуатации трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции, исследования взаимосвязи между дефектами качества и тепловыми характеристиками зданий, соблюдения сроков строительства [3-6].

Значительное количество исследовательских работ, направленных на повышение энергоэффективности теплоснабжения, выполнили Слепченок В.С., Петраков Г.П., Половников В.Ю. [7, 8]. Рекомендации по надежной и бесперебойной работе тепловых сетей и требования к качеству, выпускаемых труб в ППУ ПЭ изоляции, изложены в РМД 41-11-2012.

В работе [8] приводятся результаты исследований по влиянию инженерных сооружений на тепловые потери бесканальных теплопроводов. Определена разница между нормативными и расчетными значениями потерь тепловой энергии через теплоизоляционный слой. Авторами установлено завышение нормативных значений потерь тепловой энергии бесканальной тепловой трассы из труб в ППЭ ПУ изоляции. Ковалевским В.Б. [9-11] исследованы вопросы эффективности тепловых сетей бесканальной прокладки, нормативных тепловых потерь при бесканальной прокладке трубопроводов, технико-экономические показатели теплоизолированных труб для тепловых сетей бесканальной прокладки. Показано расхождение нормативных и расчетных потерь тепловой энергии при различных типах изоляции. Вопросы изучения системы контроля качества при строительстве наружных сетей водоснабжения и канализации рассотрены в работе [12].

Технология изготовления труб в ППУ ПЭ изоляции

Трубы ППУ ПЭ изготавливаются в заводских условиях и имеют многослойную конструкцию «труба в трубе» (рис. 1). Процесс производства трубопроводов с ППУ ПЭ изоляцией имеет этапы, в ходе которых изготавливаются трубы и фасонные изделия, запорная арматура и шаровые краны в ППУ ПЭ изоляции с СОДК протечек трубопроводов. Впервые такое производство было организовано в Германии в 1976 году [13]. Стальные трубы круглого сечения могут быть горячедеформированными бесшовными общего назначения по ГОСТ 8732-78, электросварными прямошовными по ГОСТ 10705-80, стальными сварными прямошовными по ГОСТ 20295-85. Согласно ГОСТ 30732-2006, стальные трубы в изоляции могут быть оцинкованными, но данный стандарт регламентирует производство труб с ППУ ПЭ изоляцией, производство труб ППУ в оцинкованной оболочке не затрагивает. Марка стали трубы принимается в зависимости от условий эксплуатации. Есть два вида труб с ППУ изоляцией: стандартный тип изоляции – для районов с умеренным климатом, усиленный тип изоляции – для районов с холодным климатом.

ППУ изоляция представляет собой слой изолирующего материала, наносящегося методом заливки жидкой субстанции в межтрубное пространство стальной и полиэтиленовой труб. Жесткий ППУ представляет собой двухкомпонентную систему, состоящую из полиола и полиизоционата. Для длительной сохранности ППУ изоляции применяются специальные защитные оболочки из полиэтилена низкого давления (ПНД по ГОСТ 18599-2001, ГОСТ 16338-85) или оцинкованной тонколистовой стали.

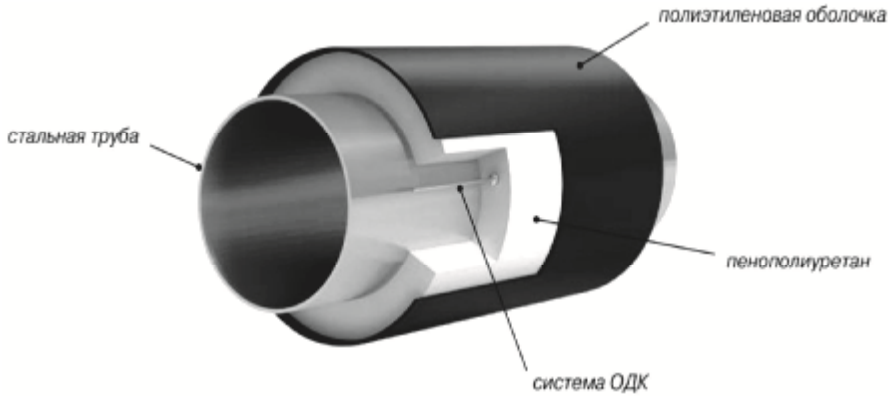


Рис. 1. Элемент трубопровода в ППУ-изоляции

Стальные трубы в ППУ изоляции с защитной оболочкой имеют систему операционного дистанционного контроля, позволяющую дистанционно отслеживать места протечек, а также повреждения основной трубы, повреждения трубы-оболочки, нарушения работы сигнального провода, неправильно смонтированные стыки труб с ППУ ПЭ изоляцией. В качестве проводников-индикаторов используются медные неизолированные провода. СОДК позволяет производить мониторинг состояния трубопровода на конкретном участке или по всей трубопроводной трассе. Данная система не совершенна и имеет перспективы развития, так, например, в работе [14] приводятся недостатки СОДК – неточное определение места разгерметизации покровного слоя ППУ и области распределения данного процесса. Автором предлагается усовершенствованная СОДК, содержащая датчики-полупроводники фиксирующие точное местоположение утечки теплоносителя и область его распространения. В другой работе [15] отмечена необходимость высокого качества монтажа труб с привлечением грамотных специалистов для эффективной работы СОДК.

Процесс производства труб в ППУ ПЭ изоляции включает следующие технологические операции [16]: первичный контроль поступающего сырья и материалов; предварительную обработку стальных труб и фасонных изделий; установку центрирующих колец – центраторов из ПНД и медного провода СОДК; протаскивание стальной трубы с центраторами в ПЭ трубу; установку заливочных заглушек на торцы с созданием при этом герметичной полости межтрубного пространства для его заполнения пенополиуретаном; предварительную термостатическую обработку собранной трубной конструкции для улучшения адгезии слоя изоляции ППУ к стальной трубе; впрыскивания расчетной дозы компонентов ППУ на заливочной машине высокого давления через отверстие заглушки; контроль качества выпускаемой продукции; маркировку готовой продукции с оформлением сопроводительной документации; передачу готовой продукции на склад.

Не смотря на наличие контроля качества при производстве труб в ППУ ПЭ изоляции, встречаются дефекты, анализ и систематизация которых приведены в табл. 1.

Следует отметить положительный опыт эксплуатации трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции в Германии и Дании, где такие трубопроводы составляют 75 % и 95 % соответственно от общей протяженности тепловых сетей [13]. Срок их службы и количество теплопотерь в 2-3 раза ниже, чем тепловых сетях, где в качестве теплоизоляции трубопроводов используется минеральная вата, что на данный момент традиционно для применения в России [17, 18]. Авторами в работах [7, 19] показаны возможности повышения энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей и оптимизации толщины пенополиуретановой изоляции трубопроводов в системах теплоснабжения. Так, тепловые потери трубопроводов через слой изоляции из минеральной ваты в 4 раза выше, чем потери трубопроводов из труб в ППУ ПЭ изоляции.

Таблица 1

Дефекты и причины их возникновения, выявляемые в процессе изготовления труб в ППУ ПЭ изоляции

Наименование дефекта	Возможные причины возникновения
Несоответствие толщины стенки стальных труб в ППУ ПЭ изоляции (108×5 мм – факт 108×4мм)	Нарушение входного контроля качества
Отслоение пенополиуретана от стальной трубы и/или от оболочки	Нарушение технологии: полиэтиленовая оболочка не прошла процесс коронации; механические воздействия в процессе транспортировки
Не работает система оперативного дистанционного контроля	Внутренний обрыв медного провода; Касание медного провода о стенку стальной трубы внутри пенополиуретана; медный провод не соответствует требованиям ГОСТ
Толщина слоя пенополиуретана не соответствует ГОСТ 30732-2006	Нарушение технологии: не правильно принят диаметр ПЭ трубы-оболочки
Нарушение соосности стальной и полиэтиленовой труб	Нарушение технологии: применение центрирующих опор не соответствующего размера
Повышенная пористость, хрупкость пенополиуретана на концах труб	Нарушение технологии, несоответствие качества применяемых материалов
Длина не залитых концов стальных труб превышает допустимые значения	Ошибка при выборе длины полиэтиленовой оболочки

Технология монтажа стальных труб в ППУ ПЭ изоляции

Монтаж труб с тепловой изоляцией из ППУ с защитной оболочкой включает следующие основные этапы: зачистку труб от изоляции на расстояние до 300 мм от каждого края, выполнение сварного соединения, которое проверяется на прочность переносным дефектоскопом, комплектация термоусадочной муфтой, заполнение полости под муфтой вспененным полимером, после чего муфта нагревается и осаживается по месту, обеспечивая герметичность внешней оболочки. Трубы с ППУ ПЭ изоляцией соединяются, согласно ГОСТ 30732-2001, только сваркой с полным проплавлением шва. Полиэтилен и пенополиуретан – материалы чувствительные к высоким температурам. При проведении сварочных работ торцы с зачищенной изоляцией необходимо закрывать асбестовой тканью, любо другим негорючим материалом.

На месте монтажа стыковка фасонных частей и труб ППУ ПЭ изоляции происходит поэтапно: на трубу надвигается полимерная термоусадочная муфта, производится сваривание оголенных стальных концов, осуществляется монтаж проводников-индикаторов, прогреваются поверхности краев оболочек (85-90 ^{o}C), на разогретую оболочку наклеивается адгезивное полотно, на стык сдвигается муфта, горелкой усаживают края муфты, проверяется герметичность, полости заполняются пенополиуретаном, отверстие заваривается полиэтиленом, в результате стык принимает бочковидную форму.

Не соблюдение технологии монтажа, а именно заделки и изоляции стыков при монтаже труб с ППУ ПЭ изоляцией ведет к нарушению изоляции в самых уязвимых местах любых трубопроводов – местах соединения трубы и фасонного элемента. Результатом этого будет возникновение преждевременной наружной коррозии трубы с последующим выходом трубопровода из строя либо проведением постоянных дорогостоящих ремонтных работ.

В работе [20] показано, что применение трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции снижает сроки строительства в 3-4 раза, повышается экономичность строительства, снижается эксплуатационные издержки и затраты на текущий ремонт по сравнению с канальной прокладкой трубопроводов с применением минеральной ваты.

Удельная повреждаемость трубопроводов, выполненная на основании данных ОАО «МТК» показывает, что повреждаемость трубопроводов с использование минеральной ваты в 20 раз выше по сравнению с трубопроводами в ППУ ПЭ изоляции [20].

Систематизация дефектов и повреждений труб в ППУ ПЭ изоляции возникающих в процессе их монтажа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Дефекты и повреждения, выявляемые в процессе монтажа труб в ППУ ПЭ изоляции

Наименование дефекта	Причина возникновения
Отсутствие маркировки продукции	Нарушение технологического процесса при производстве труб; умышленное снятие маркировки
Царапины, шероховатость полиэтиленовой оболочки труб в ППУ изоляции	Нарушение правил транспортировки, погрузочно-разгрузочных работ
Образование трещин на поверхности полиэтиленовых труб	Нарушение правил хранения; нарушение правил погрузо-разгрузочных работ; применение полиэтилена не соответствующей марки (ГОСТ 30732-2006)
Толщина теплоизоляции фасонных изделий не соответствует толще теплоизоляции труб	Ошибка при выборе диаметра полиэтиленовой оболочки труб и фасонных изделий
Замачивание пенополиуретана открытых торцах труб	Нарушение правил хранения
Отсутствие герметичности трубопровода	Дефекты сварных швов стальных труб
Затруднение монтажа термоусаживаемой муфты на трубу	Не соответствие диаметра муфт, нарушение правил хранения
Не работает система оперативного дистанционного контроля	Нарушение правил монтажа: не правильное соединение или обрыв проводов

Причиной вышеуказанных дефектов и повреждений являются нарушения технологии производства и монтажа, а также нарушения контроля качества при производстве строительно-монтажных работ. Соблюдение состава операций и средств контроля качества при монтаже труб ППУ ПЭ, предлагаемые авторами в табл. 3, позволит обеспечить соблюдение технологии производства работ и повысить качество готовой продукции.

Таблица 3

Состав операций и средства контроля при монтаже труб в ППУ ПЭ изоляции

Этапы работ	Контролируемые операции	Контроль (метод, объем)	Документация
Подготовительные работы	Проверить:		Паспорта, сертификаты, общий журнал работ
	- наличие документа о качестве на материалы, бирок, этикеток, маркировок на трубах;	Визуальный	
	- проверка качества поставляемых труб: толщины стенок, проводов СОДК, целостности труб, пенополиуретана и др;	Измерительный, технический осмотр	
Монтаж трубопроводов из труб ППУ	Контролировать:		Общий журнал работ
	- качество и последовательность монтажа труб ППУ;	Технический осмотр	
	- качество сварных соединений стальных труб;	Измерительный	
	- совпадение толщины теплоизоляции фасонных изделий и труб	Визуальный	
	- рабочее состояние СОДК	Измерительный	
Подготовительные работы	Проверить:		Паспорта, сертификаты, общий журнал работ
	- наличие документа о качестве на материалы, бирок, этикеток, маркировок на трубах;	Визуальный	
	- проверка качества поставляемых труб: толщины стенок, проводов СОДК, целостности труб, пенополиуретана и др;	Измерительный, технический осмотр	
Монтаж трубопроводов из труб ППУ	Контролировать:		Общий журнал работ
	- качество и последовательность монтажа труб ППУ;	Технический осмотр	
	- качество сварных соединений стальных труб;	Измерительный	
	- совпадение толщины теплоизоляции фасонных изделий и труб	Визуальный	
	- рабочее состояние СОДК	Измерительный	
Приемка выполненных работ	Проверить:		Общий журнал работ, акт приемки выполненных работ, исполнительная схема, акт испытания трубопроводов
	- качество выполненных работ;	Измерительный, технический осмотр	
	- испытание трубопроводов;	Измерительный, технический осмотр	
Контрольно-измерительный инструмент: нивелир; плотномер, толщиномер, дефектоскоп			
Входной и операционный контроль осуществляют: мастер (прораб).			
Приемочный контроль осуществляют: работники службы качества, мастер (прораб), представители технадзора заказчика.			

Заключение

1. Изучена технология изготовления и монтажа труб в ППУ ПЭ изоляции, приведены основные технологические процессы производства и монтажа труб.

2. Выявлены основные причины низкого качества изготовления и монтажа труб в ППУ ПЭ изоляции. Показано, что причиной многочисленных дефектов и повреждений является нарушение технологических процессов при изготовлении, транспортировке, хранении и монтаже.

3. Предложен состав операций и средства контроля при монтаже труб в ППУ ПЭ изоляции, уточняющие требования входного, операционного и приемочного контроля, способствующие повышению качества готовой продукции.

4. Выполненные исследования могут быть полезными при выполнении исследований направленных на повышение качества трубопроводов в ППУ ПЭ изоляции в рамках реализации стратегии увеличения энергоэффективности и надежности тепловых сетей централизованного теплоснабжения России.

Список библиографических ссылок

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года: утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 августа 2003 года № 1234-р // Собрание законодательства РФ. 2003.
2. Павлова Д. В. Анализ и проблемы исследований труб централизованного теплоснабжения с предварительной изоляцией из ППУ и ППМ // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 5 URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/05/67651 (дата обращения: 11.01.2018).
3. Joro Alencastro, Alba Fuertes, Pieter de Wilde. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. Review article // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 81, Part 1. P. 883–894.
4. Carla Cherchi, Mohammad Badruzzaman, Joan Oppenheimer, Christopher M. Bros, Joseph G. Jacangelo. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. Energy and water quality management systems for water utility's operations: A review. Review article // Journal of Environmental Management. 2015. Vol. 153. P. 108–120.
5. Irene Karathanasi, Constantinos Papageorgakopoulos. Development of a Leakage Control System at the Water Supply Network of the City of Patras: original research article // Procedia Engineering. 2016. Vol. 162. P. 553–558.
6. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 20. С. 290–292.
7. Слепченок В. С., Петраков Г. П. Повышение энергоэффективности теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей северных и северо-восточных регионов России // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 4 (22). С. 26–32.
8. Половников В. Ю., Глазырин Е. С. Численный анализ влияния инженерных сооружений на тепловые потери бесканальных теплопроводов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 2. С. 5–3.
9. Ковалевский В. Б. Энергоэффективность тепловых сетей бесканальной прокладки // Новости теплоснабжения. 2010. № 1. С. 40–43.
10. Ковалевский В. Б. О нормативных тепловых потерях при бесканальной прокладке теплопроводов // Новости теплоснабжения. 2001. № 4. С. 24–27.
11. Ковалевский В. Б., Петухов В.С. Технико-экономические показатели теплоизолированных труб для тепловых сетей бесканальной прокладки // Новости теплоснабжения. 2003. № 6 (34). С. 18–26.
12. Мухаметрахимов Р. Х., Панченко А. А. Изучение особенностей системы контроля качества при строительстве наружных сетей водоснабжения и канализации // Известия КГАСУ. 2017. № 4 (42). С. 360–367.

13. Королев И. А., Петраков Г. П. Создание испытательного центра для проверки качества пенополиуретановой изоляции предизолированных трубопроводов, применяемых в системах теплоснабжения // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 23–25.
14. Голубков С. К. Опыт эксплуатации труб в ППУ-изоляции с системой оперативного дистанционного контроля (ОДК) : мат. конференции «Тепловые сети. Современные решения». НП «Российское теплоснабжение». 2005.
15. Александров А. А., Переверзев В. Л. Оперативный дистанционный контроль трубопроводов ППУ – эффективное средство контроля или бесполезное приложение? // Новости теплоснабжения. 2007. № 2. С. 36–41.
16. Технология производства труб ППУ в ДЗТИ // DZTI.RU : Донской завод трубной изоляции. 2016. URL: http://dzti.ru/about-us/proizvodstvo-trubi-ppu (дата обращения: 05.04.18).
17. Байбаков С. А., Тимошкин А. С. Основные направления повышения эффективности тепловых сетей // Электрические станции. 2004. № 7. С. 19–25.
18. Щербак А. С. Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов. Наука и прогресс транспорта // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2013. № 2 (44). С. 136–143.
19. Налобин Н. В. Оптимизация толщины пенополиуретановой изоляции теплопроводов в системах теплоснабжения объектов на севере Западной Сибири. Нижний Новгород, 2007. 18 с.
20. Поляков В. А. Применение предизолированных трубопроводов в ППУ изоляции – основной путь создания энергоэффективных и надежных тепловых сетей // PPUTRUBA.RU : Ассоциация производителей и потребителей трубопроводов с индустриальной полимерной изоляцией. 2015. URL: http://www.pputruba.ru/stata_polyakov.pdf (дата обращения 30.02.2018).

Mukhametrakhimov Rustem Hanifovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: muhametrahimov@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Panchenko Anastasia Alexandrovna
engineer of production and technical department
LLC «Ingstroy»
The organization address: 4200343, Russia, Kazan, Lenskaya st., 10

Features of technology of installation and quality control of pipelines with polyfoam polyethylene insulation

Abstract

Problem statement. Pipeline is the main part of the engineering and communication infrastructure of all residential and industrial buildings. The service life of engineering systems depends entirely on the quality of the pipes and their insulation. The purpose of the research is to study the technology of manufacturing and installation of pipes in polyurethane foam PE insulation.

Results. The article deals with the processes of manufacturing pipes in polyurethane foam PE insulation, the technology of their installation, revealed the main defects, inconsistencies and causes of their occurrence.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to clarify the features of the quality control system in the manufacture and installation of PPU PE pipes. It is established that the cause of numerous defects is a poor-quality incoming inspection, as well as operational control in the manufacture and installation of pipes in polyurethane foam PE insulation. The composition of operations and means of quality control for the installation of pipelines are proposed.

Keywords: pipes with pre-insulated polyfoam and polyethylene organization and technology of construction, installation, defects, damage, quality control.

References

1. Energy Strategy of Russia for the period until 2020: approved by the RF Government Decree № 1234-r of August 28, 2003 // Collection of Legislation of the Russian Federation. 2003.
2. Pavlova D. V. Analysis and problems of research of centralized heat supply pipes with pre-insulation from PPU and PPM // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2016. № 5. URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/05/67651 (reference date: 11.01.2018).
3. Joro Alencastro, Alba Fuertes, Pieter de Wilde. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. Review article // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 81, Part 1. P. 883–894.
4. Carla Cherchi, Mohammad Badruzzaman, Joan Oppenheimer, Christopher M. Bros, Joseph G. Jacangelo. The relationship between quality defects and the thermal performance of buildings. Energy and water quality management systems for water utility's operations: A review. Review article // Journal of Environmental Management. 2015. Vol. 153. P. 108–120.
5. Irene Karathanasi, Constantinos Papageorgakopoulos. Development of a Leakage Control System at the Water Supply Network of the City of Patras: original research article // Procedia Engineering. 2016. Vol. 162. P. 553–558.
6. Kokljugina L. A., Kokljugin A. V. Determination of duration of construction of objects of oil-refining industry, taking account of the interests of participants of investment construction project // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2014. V. 17. № 20. P. 290–292.
7. Slepchenok V. S., Petrakov G. P. Increase of energy efficiency of heat insulation of pipelines of heating networks of northern and northeastern regions of Russia // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2011. № 4 (22). P. 26–32.
8. Polovnikov V. U., Glazyrin E. S. Numerical analysis of the influence of engineering structures on the heat losses of non-channel heat pipes // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2014. № 2. P. 5–3.
9. Kovalevsky V. B. Energy efficiency of heat networks of non-channel gasket // Novosti teplosnabzheniya. 2010. № 1. P. 40–43.
10. Kovalevsky V. B. About the standard thermal losses in the case of ductless laying of heat pipes // Novosti teplosnabzheniya. 2001. № 4. P. 24–27.
11. Kovalevsky V. B., Petukhov B. C. Technical and economic parameters of heat-insulated pipes for heat networks of non-channel gasket // Novosti teplosnabzheniya. 2003. № 6 (34). P. 18–26.
12. Mukhametrakhimov R. Kh., Panchenko A. A. Features of the quality control system for the construction of outdoor water supply and sewerage networks // Izvestiya KGASU. 2017. № 4 (42). P. 360–367.
13. Korolev I. A., Petrakov G. P. Establishment of a test center for testing the quality of polyurethane foam insulation of pre-insulated pipelines used in heat supply systems // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. 2011. № 1. P. 23–25.
14. Golubkov S. K. Experience of operation of pipes in PPU-insulation with the system of operative remote control (UDC) : Materials of the Conference «Thermal networks. Modern solutions». NP «Russian Heat Supply». 2005.
15. Alexandrov A. A., Pereverzev V. L. Operational remote control of polyfoam pipelines – an effective means of control or a useless application? // Novosti teplosnabzheniya. 2007. № 2. P. 36–41.
16. Technology of production of PPU pipes in the DZTI // DZTI.RU: Donskoy plant of pipe insulation. 2016. URL: http://dzti.ru/about-us/proizvodstvo-trubi-ppu (reference date: 05.04.18).

17. Baibakov S. A., Timoshkin A.S. The main directions of increasing the efficiency of heat networks // Electricheskiye stantsii. 2004. № 7. P. 19–25.
18. Shcherbak A. S. Investigation of the properties of modern heat-insulating materials. Science and progress of transport // Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta. 2013. № 2 (44). P. 136–143.
19. Nalobin N. V. Optimization of thickness of polyurethane foam insulation of heat pipes in heat supply systems of facilities in the north of Western Siberia: Abstract. Diss. Cand.Tech.Science. Nizhny Novgorod. 2007. 18 p.
20. Polyakov V. A. Application of pre-insulated pipelines in PPU insulation – the main way of creating energy-efficient and reliable heat networks // PPUTRUBA.RU: Association of producers and consumers of pipelines with industrial polymer insulation. 2015. URL: http://www.pputruba.ru/stata_polyakov.pdf (reference date: 30.02.2018).

УДК 691.33
Фаррахова Евгения Олеговна
инженер
E-mail: evgeniya.f11@mail.ru
Ибрагимов Руслан Абдирашитович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Разработка эффективных энергосберегающих стеновых блоков из пенополистиролбетона

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является разработка состава пенополистиролбетонной смеси с применением дробленного пенополистирола и местных сырьевых материалов производственного предприятия «Казанский Домостроительный Комбинат» («КДСК») для создания эффективных энергосберегающих стеновых блоков.

Результаты. Проведены испытания опытных образцов четырех экспериментальных составов. Анализ полученных результатов позволил выявить оптимальный состав пенополистиролбетонной смеси для изготовления теплосберегающих стеновых блоков маркой по плотности D600 и прочности на сжатие B2,5.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в повышении эффективности тепловой защиты зданий за счет применения энергосберегающих стеновых блоков из пенополистиролбетона. Кроме того, предложенный вариант решения проблемы утилизации отходов пенополистирола на предприятии «КДСК» способствует повышению экономической и технологической эффективности самого предприятия.

Ключевые слова: отходы пенополистирола, пенополистиролбетон, технология производства пенополистиролбетона, стеновые блоки, энергосбережение.

Введение

Еще не так давно вопросу энергоресурсосбережения в нашей стране не уделялось должного внимания, поскольку приоритетным являлось решение острейшей жилищной проблемы. Государственная политика была направлена на массовое строительство недорогого, экономичного жилья, но при этом с максимальным привлечением денежных средств и ресурсов. Стоит отметить, что стоимость топливно-энергетических ресурсов в то время была отнюдь не высока, отсюда и отсутствие стремления к экономному их потреблению. Повышение же спроса и стоимости в корне изменило отношение к такому расточительному использованию энергоресурсов. Государство взяло курс на политику энергоресурсосбережения. Одним из направлений данной политики является повышение теплоэффективности зданий, потому как значительная доля энергозатрат в России приходится именно на отопление зданий. Основные же потери тепловой энергии зданий осуществляются через ограждающие конструкции. В связи с этим особую актуальность приобретает поиск новых решений в области производства и применения технологичных стеновых материалов, которые обеспечивали бы высокий уровень теплозащиты и, как следствие, минимизацию энергозатрат.

На сегодняшний день в качестве эффективного теплосберегающего материала может выступать пенополистиролбетон, достойно отвечающий современным требованиям действующей документации в строительстве и условиям экономической целесообразности. Среди основных преимуществ, выгодно отличающих пенополистиролбетон на фоне других кладочных материалов, можно выделить небольшой удельный вес, высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, низкую степень водопоглощения и высокий коэффициент морозостойкости.

Тема производства и применения пенополистиролбетона в ограждающих конструкциях зданий вызывает интерес не только с точки зрения энергоресурсосбережения, но и с точки зрения утилизации отходов пенополистирола, ежемесячно скапливающихся в размере до 1 т на производственном предприятии «Казанский Домостроительный Комбинат» («КДСК»). Пенополистирол на предприятии применяется в виде временных вкладышей и проемообразователей, которые извлекаются после распалубки железобетонных изделий. Отработанные вкладыши не находят дальнейшего применения и подлежат утилизации. Скопление большого количества отходов пенополистирола создает серьезную финансовую нагрузку на предприятие, поскольку в соответствии со статьей 8.2 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях превышение лимитов на размещение отходов влечет наложение денежного взыскания. В качестве одного из наиболее рациональных вариантов решения данной проблемы может быть предложено применение дробленого пенополистирола в технологии производства стеновых пенополистиролбетонных блоков.

История возникновения и применения пенополистиролбетона

Впервые упоминания о пенополистиролбетоне появились в середине прошлого столетия, а именно в 1952 году, когда западногерманской фирмой «BASF» был запатентован способ производства легкого бетона с использованием гранул полистирола. Материал, получивший название «стиропорбетон» или EPS beton, стал активно покорять зарубежные страны [1]. В настоящее же время ускоренно возрастают объемы производства и применения пенополистиролбетона в странах Скандинавии, Италии, Франции, Испании, Японии, Индии, Китае и Тайване [2].

В Германии этот материал успешно заменяет минераловатные плиты и прочие менее эффективные утеплители. В странах Западной Европы пенополистиролбетон низкой плотности применяется в качестве морозостойкого основания для железных дорог, теплого основания для полов животноводческих зданий, а также для изготовления стеновых панелей и утепления кровель. Швейцарская компания «RASTRA» с 1972 года выпускает теплоизоляционные плиты из пенополистиролбетона для малоэтажного строительства. В Нидерландах пенополистиролбетон используется в качестве утеплителя в фундаментных плитах, а в Болгарии – в качестве среднего слоя в трехслойных железобетонных стеновых конструкциях [2].

В 70-х годах технология производства пенополистиролбетона перекочевала и в СССР, где разработку составов и технических условий осуществляли ученые московского института «ВНИИЖелезобетон». Тогда впервые данный материал был применен в качестве ограждающих конструкций при изготовлении неармированных стеновых блоков в г. Анадыре. В 1974 году пенополистиролбетон был использован для изготовления несущих однослойных стеновых панелей для сельского строительства на Чукотке. В опытном порядке пенополистиролбетон применялся ЛенЗНИЭП в качестве утеплителя на армоцементных покрытиях. В дальнейшем исследования по использованию теплоизоляционного пенополистиролбетона для изготовления объемных блоков для жилых зданий на Севере были проведены Гипроспецгазом [3, 4].

Несмотря на удачные попытки применения пенополистиролбетона в строительстве, на начальном этапе материал не получил должного признания специалистов, так как был непригоден для масштабных построек, которым в то время отдавалось предпочтение. Широкое применение в России материал получил после введения в действие ГОСТ Р 51263-99 (ныне действующий ГОСТ Р 51263-2012), в соответствии с требованиями которого должен был производиться материал. В то же время в стране активно стало развиваться частное малоэтажное строительство, для которого были необходимы недорогие и удобные в работе строительные материалы, имеющие при этом низкую теплопроводность.

Пенополистиролбетон представляет собой композиционный материал поризованной структуры на цементном вяжущем и заполнителе из вспененного гранулированного полистирола с использованием различных модифицирующих и других добавок. Применение пенообразующих добавок способствует созданию в бетонной смеси равномерно распределенных воздушных пузырьков в цементной оболочке, благодаря чему после застывания бетон получает пористую структуру и становится еще более легким [5].

Одной из основных особенностей данного материала является возможность варьирования его плотности от 150 до 600 кг/м^3, благодаря чему можно получить как теплоизоляционный материал, так и конструкционный. В соответствии с данными показателями пенополистиролбетону присваиваются следующие марки по плотности:

- D150-D225 – теплоизоляционный;
- D250-D350 – теплоизоляционно-конструкционный;
- D400-D600 – конструкционно-теплоизоляционный, при классах прочности на сжатие не ниже М2, В0,5 и В1,5 соответственно [6].

Небольшой удельный вес ограждающих конструкций из пенополистиролбетона позволяет уменьшить нагрузку на фундамент, а значит, облегчить его конструкцию и снизить затраты на его возведение.

Необходимо также подчеркнуть, что прочность пенополистиролбетона на сжатие выше прочности пено- и газобетона той же марки по плотности, а благодаря высокой прочности на растяжение пенополистиролбетон обладает повышенной стойкостью к образованию трещин. При проведении испытаний на сжатие было замечено, что образцы из газобетона после достижения предела прочности разрушаются, раскалываясь на отдельные кусочки, а образцы из пенополистиролбетона лишь деформируются.

Кроме того, уникальная внутренняя структура пенополистиролбетона обеспечивает низкую степень водопоглощения, что напрямую обуславливает высокую морозостойкость материала (F35-F300). Это объясняется тем, что поры в пенополистиролбетоне изолированы друг от друга и вода впитывается только поверхностью, к тому же цементная матрица материала заполнена полистирольными гранулами, обладающими ничтожно малой гигроскопичностью. За счет низкого содержания влаги во внутренней структуре пенополистиролбетона не происходит образования грибков, бактерий и плесени в период эксплуатации здания [6-8].

Пенополистиролбетон пожаробезопасен, его фактический предел огнестойкости составляет не менее 184 минут, что является довольно хорошим результатом. А при оштукатуривании или облицовке кирпичом данный материал может применяться и при строительстве зданий I категории огнестойкости [9].

И, наконец, главным достоинством пенополистиролбетона является его низкий коэффициент теплопроводности, находящийся в пределах от 0,052 до 0,145 Вт/(м·°С). В связи с этим применение данного материала в качестве стенового позволяет уменьшить теплопотери через ограждающие конструкции зданий и снизить энергозатраты в эксплуатационный период [10, 11].

Технология производства пенополистиролбетона

Экспериментальное производство пенополистиролбетонной смеси осуществлялось на базе предприятия «КДСК» с применением местных сырьевых материалов и турбулентного пенобетоносмесителя СПБУ-150 Люкс.

Пенобетоносмеситель СПБУ-150 Люкс – это машина циклического действия, представляющая собой резервуар цилиндрической формы с коническим днищем, который установлен на трех опорах. В верхней части резервуара расположен загрузочный люк с крышкой и герметически фиксирующимся винтовым замком. Материалы, входящие в смесь, перемешиваются с помощью быстровращающегося ротора в неподвижном сосуде смесителя. При вращении ротор своими лопастями отбрасывает смесь к конусной части сосуда смесителя. Три лопасти, установленные на стенках сосуда, тормозят движение смеси по окружности и направляют ее спиралью вверх, откуда смесь, падая на ротор, вновь вовлекается в движение. Вал пенобетоносмесителя оборудован системой суфлерного уплотнения, с подачей в корпус камеры суфлерного уплотнения избыточного давления и высокотемпературной смазки. На резервуаре смонтирована трубопроводная система, состоящая из кранов управления и манометра. Выгрузка смеси осуществляется в резервуаре смесителя избыточного давления при выключенном роторе через патрубок.

Технологическая последовательность приготовления пенополистиролбетонной смеси следующая. В резервуар смесителя при выключенном роторе подается вода с

отдозированным количеством полистирольных гранул и добавок – суперпластификатора «Глениум 51» и пенообразователя «Пеностром». Далее при включенном роторе осуществляется перемешивание добавок и гранул в воде в течение 1 минуты. После этого в смеситель подается отдозированное количество портландцемента, песка и продолжается перемешивание. По истечении 1 минуты осуществляется подача сжатого воздуха в смесительную установку до требуемого значения давления. Давление в смесителе контролируется по манометру и поддерживается на уровне 0,09-0,1 МПа, а в случае его падения своевременно восстанавливается до необходимой величины периодической подачей сжатого воздуха. Дальнейшее перемешивание смеси производится при постоянном давлении на протяжении 3-4 минут. Полученная пенополистиролбетонная смесь при выключенном роторе за счет избыточного давления в смесителе подается в опалубку через выгрузочный патрубок и выдерживается 24 часа до набора прочности.

По вышеописанной технологии были проведены эксперименты по подбору оптимального состава пенополистиролбетонной смеси с учетом соответствия полученного материала требованиям ГОСТ Р 51263-2012.

Для экспериментальных исследований были использованы составы, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные составы

Наименование сырьевых компонентов	Расход сырьевых компонентов на 1 м^3			
	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3	Состав № 4
Портландцемент, кг	450	400	400	400
Песок, кг	120	120	-	120
Вода, л	280	280	330	280
Суперпластификатор «Глениум 51», л	2,4	2,4	2,4	2,4
Пенообразующая добавка «Пеностром», л	0,7	1,35	1,5	2,05
Дробленый пенополистирол, кг	7,5	10	12,5	15
Микрокремнезем, кг	-	-	120	-

Испытания контрольных образцов

В соответствии с вышеприведенными составами были изготовлены серии образцов-кубов с ребром длиной 100 мм в калиброванных металлических формах ЗФК-10 (ГОСТ 22685-89), внутренние поверхности которых предварительно были покрыты тонким слоем смазки для исключения прилипания бетона к металлической форме. После изготовления на образцы была нанесена маркировка с номером образца и датой его изготовления.

Согласно п. 4.1.3 ГОСТ 10180-2012 было принято по три образца-куба в каждой серии. После распалубливания образцы находились в нормальных условиях твердения: с температурой (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха 95-98 %.

По истечении 28 суток полученные образцы испытывались на прочность. Перед испытанием на сжатие проводилось взвешивание образцов и вычисление значений средней плотности бетона в каждом образце.

Плотность бетона вычисляется по следующей формуле:

$$\rho_w = \frac{m}{V} \times 1000 (г / см^3),$$

где m – масса образца, г; V – объем образца, см^3.

Средняя плотность бетона определяется по формуле:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_{w,i}}{n} (кг / м^3),$$

где $\rho_{w,i}$ – плотность образца в серии, кг/м^3; n – количество образцов в серии, шт.

Определение плотности образцов всех составов представлено в табличной форме (табл. 2).

Таблица 2

Определение плотности бетона

№ состава	№ образца	Масса, г	Размер, см	Плотность, кг/м^3	Средняя плотность, кг/м^3	Марка бетона по плотности
1	1	1028	10×10×10	1028	1082	D1100
	2	1140		1140		
	3	1080		1080		
2	1	623	10×10×10	623	623	D600
	2	619		619		
	3	626		626		
3	1	823	10×10×10	823	824	D800
	2	828		828		
	3	830		830		
4	1	740	10×10×10	740	738	D750
	2	736		736		
	3	739		739		

Далее были проведены испытания образцов-кубов по прочности на сжатие в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012. Испытания проводились на гидравлическом прессе П-10, оснащенном торсионным силоизмерителем. Отображение создаваемой на образец нагрузки выводится на аналоговый циферблат.

Испытание начинается с осмотра и обмера образцов. При осмотре отмечаются опорные грани, к которым будет приложена нагрузка. На нижнюю опорную плиту пресса поочередно устанавливаются образцы и строго центрируются при этом по нанесенным на нее рискам. Нагружение образцов осуществляется непрерывно с постоянной скоростью. Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимается за величину разрушающей нагрузки. Средняя площадь рабочего сечения образца, определяется как среднее арифметическое значение площадей его противоположных граней, соприкасающихся с плитами пресса.

Прочность образцов на сжатие вычисляется по формуле:

$$R = \alpha \frac{F}{A} k_w (МПа),$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;
A – площадь рабочего сечения образца, мм^2;
k_w – поправочный коэффициент, учитывающий влажность образцов в момент испытания;
α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы.

В соответствии с табл. 4 ГОСТ 10180-2012 масштабный коэффициент α принимаем равным 0,95 для образцов-кубов с ребром длиной 100 мм из ячеистого бетона.

Поправочный коэффициент k_w принимаем равным 1 согласно табл. 5 ГОСТ 10180-2012.

Фактическая прочность бетона в партии рассчитывается по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n},$$

где R_i – единичное значение прочности бетона образца, МПа;
n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

Фактический класс бетона по прочности монолитных конструкций при контроле по схеме Г принимается равным 80 % средней прочности бетона конструкций: $B_ф = 0{,}8R_m$.

Результаты испытаний и определения прочности образцов на сжатие представлены в табл. 3.

Таблица 3

Определение прочности бетона на сжатие

№ состава	№ образца	Разрушающая нагрузка F, Н	Площадь рабочего сечения A, см^2	Прочность образца, приведенная к базовому размеру R, МПа	Средняя прочность образцов, МПа	Фактический класс бетона $B_ф$	Марка бетона по прочности
1	1	62784	10^4	5,96	6,46	5,17	B5
	2	73182	10^4	6,95			
	3	68362	10^4	6,49			
2	1	34421	10^4	3,27	3,28	2,63	B2,5
	2	34158	10^4	3,26			
	3	34842	10^4	3,31			
3	1	29038	10^4	2,76	2,60	2,08	B2
	2	25114	10^4	2,39			
	3	27860	10^4	2,65			
4	1	33943	10^4	3,22	3,17	2,54	B2,5
	2	32338	10^4	3,07			
	3	33846	10^4	3,21			

ГОСТ Р 51263-2012 предлагает максимальный класс пенополистиролбетона по прочности на сжатие B2,5. Этому классу соответствуют 2 состава: № 2 и № 4. Однако состав № 4 имеет марку бетона по плотности D750, а состав № 2 – D600. Следовательно, состав № 2 обладает заданной прочностью при меньшей плотности.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов был получен пенополистиролбетон маркой по плотности D600 и прочности на сжатие B2,5, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51263-2012.

Заключение

1. На базе производственного предприятия «КДСК» были проведены эксперименты по подбору состава пенополистиролбетонной смеси на основе местных сырьевых материалов для изготовления энергоэффективных стеновых блоков.

2. В результате проведенных испытаний был получен наиболее оптимальный состав пенополистиролбетона, удовлетворяющий требованиям ГОСТ Р 51263-2012, а также предложена технология производства пенополистиролбетонной смеси с применением вторичного сырья и пенобетоносмесительной установки СПБУ-150 Люкс.

3. Предложенная технология производства пенополистиролбетона может послужить решением проблемы, связанной со скоплением большого количества отходов полистирола на предприятии «КДСК».

Список библиографических ссылок

1. Шугуан Х., Чжоу В. Ф. Легкие бетоны. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2016. 304 с.
2. Свиридов М. С., Шевцова Т. И. Полистиролбетон как эффективный теплоизоляционный материал : сб. ст. Всероссийской научно-методической конференции / ОГУ. Оренбург, 2017. С. 954–957.
3. Соколов В. Н. Конструирование комплексных паро-, тепло- и гидроизоляционных полистиролбетонов. М. : МГСУ, 2015. 200 с.
4. Баженов Ю. М., Король Е. А., Ерофеев В. Т., Митина Е. А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности: основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 305 с.

5. Рахимов Р. З., Рахимова Н. Р. Строительство и минеральные вяжущие прошлого, настоящего и будущего // Архитектура. Строительство. Образование. 2013. № 2. С. 202–210.
6. Дворкин Л. И. Специальные бетоны. М. : Инфра-Инженерия, 2012. 368 с.
7. Садович М. А. Пенополистиролцементные композиции в строительных материалах: Результаты исследований и внедрений в строительство. Братск : БрГТУ, 2000. 147 с.
8. Пак А. А., Сухорукова Р. Н. Полистиролгазобетон: технология и свойства композиционных изделий. Апатиты : Издательство Кольского научного центра РАН, 2012. 101 с.
9. Sayadi A. A., Tapia J. V., Neitzert T. R., Clifton C. G. Effects of expanded polystyrene (EPS) particles on fire resistance, thermal conductivity and compressive strength of foamed concrete // Construction and Building Materials. 2016. № 112. P. 716–724.
10. Herki B. A., Khatib J. M., Negim E. M. Lightweight Concrete Made from Waste Polystyrene and Fly Ash // World Applied Sciences Journal. 2013. № 21 (9). P. 1356–1360.
11. Kaya B. A., Kar F. Thermal and Mechanical Properties of Concretes with Styropor // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2014. № 2. P. 310–315.

Farrakhova Evgeniya Olegovna
engineer
E-mail: evgeniya.f11@mail.ru
Ibragimov Ruslan Abdirashitovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The development of energy-efficient wall blocks made of expanded polystyrene concrete

Abstract

Problem statement. The purpose of the study is to develop an expanded polystyrene concrete mixture using crushed expanded polystyrene and local raw materials of the manufacturing enterprise «Kazanskii Domostroitelnii Kombinat» («KDSK») to create the energy-efficient wall blocks.

Results. The four experimental compositions were tested. The analysis of the results revealed the optimal composition of expanded polystyrene concrete for producing the heat-saving wall blocks class according to average density D600 and compressive strength B2,5.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is to increase the efficiency of buildings thermal protection through the use of energy-saving wall blocks made of expanded polystyrene concrete. In addition, the proposed solution to the problem of recycling the waste polystyrene at the enterprise «KDSK» contributes to increasing the economic and technological efficiency of the enterprise itself.

Keywords: waste polystyrene, expanded polystyrene concrete, technology of expanded polystyrene concrete production, wall blocks, energy saving.

References

1. Shuguan H., Chjou V. F. Lightweight concretes. M. : Izdatelstvo Associacii stroitelnih vuzov, 2016. 304 p.
2. Sviridov M. S, Shevtsova T. I. Polystyrene concrete as an effective insulating material : dig. of art. All-Russian scientific-methodological conference / OGU. Orenburg, 2017. P. 954–957.
3. Sokolov V. N. Construction of complex steam, heat and waterproof polystyrene concrete. M. : MGSU, 2015. 200 p.

4. Bazhenov Yu. M., Korol E. A., Erofeev V. T., Mitina E. A. Enclosing structures using concretes of low thermal conductivity: theory bases, calculation methods and technological design. M. : Izdatelstvo Associacii stroitelnih vuzov, 2008. 305 p.
5. Rakhimov R. Z., Rakhimova N. R. Construction and mineral binding the past, present and future // Arhitektura. Stroitelstvo. Obrazovanie. 2013. № 2. P. 202–210.
6. Dvorkin L. I. Special Concretes. M. : Infra- Injeneriya, 2012. 368 p.
7. Sadovich M. A. Foam polystyrene cement compositions in building materials: Results of research and implementation in construction. Bratsk : BrGTU, 2000. 147 p.
8. Pak A. A., Sukhorukova R. N. Polystyrene gas-concrete: technology and properties of composite products. Apatity : Izdatelstvo Kolskogo nauchnogo centra RAN, 2012. 101 p.
9. Sayadi A. A., Tapia J. V., Neitzert T. R., Clifton C. G. Effects of expanded polystyrene (EPS) particles on fire resistance, thermal conductivity and compressive strength of foamed concrete // Construction and Building Materials. 2016. № 112. P. 716–724.
10. Herki B. A., Khatib J. M., Negim E. M. Lightweight Concrete Made from Waste Polystyrene and Fly Ash // World Applied Sciences Journal. 2013. № 21 (9). P. 1356–1360.
11. Kaya B. A., Kar F. Thermal and Mechanical Properties of Concretes with Styropor // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2014. № 2. P. 310–315.

УДК 691.33
Фаррахова Евгения Олеговна
инженер
E-mail: evgeniya.f11@mail.ru
Ибрагимов Руслан Абдирашитович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Имайкин Дмитрий Геннадьевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: imaykindg@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона

Аннотация

Постановка задачи. Пенополистиролбетон – эффективный теплоизоляционный материал, применяемый в большинстве своем в качестве стеновых блоков. Повышенный на сегодняшний день интерес к монолитному строительству создает необходимость в разработке новых и совершенствовании существующих технологий применения монолитного пенополистиролбетона в стеновых конструкциях. Целью исследования является разработка эффективной технологии возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона.

Результаты. Разработана модель крупнощитовой опалубки из ABS-пластика для бетонирования монолитных стен с применением пенополистиролбетонной смеси. Предложена технология возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона. Определены технико-экономические показатели, а также представлен график возведения монолитных пенополистиролбетонных стеновых конструкций, отражающий сроки и последовательность производства работ.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности снижения трудоемкости строительно-монтажных работ по возведению экономически эффективных монолитных ограждающих конструкций зданий.

Ключевые слова: крупнощитовая пластиковая опалубка, проектирование опалубки, ограждающие конструкции, пенополистиролбетон, технология возведения монолитных стен.

Введение

Анализ существующего опыта применения пенополистиролбетона в строительстве позволяет сделать вывод о том, что применение данного материала велось в основном по пути производства сборных конструкций в заводских условиях. В связи с этим больший интерес представляет изучение возможности применения пенополистиролбетона в монолитном строительстве зданий [1].

В настоящее время технология монолитного строительства зданий стремительно набирает обороты. Одно из главных преимуществ данной технологии связано с высокой скоростью возведения монолитных конструкций. Кроме того, отсутствие швов, присущих кладке стен из блоков, позволяет значительно улучшить тепло-, звуко- и шумоизоляционные характеристики, а также повысить прочность и долговечность конструкции. Стоит отметить, что стоимость стеновых конструкций, возведенных из монолитного пенополистиролбетона, ниже стоимости стен из блоков. При монолитном строительстве нет необходимости в задействовании заводов по производству стеновых блоков, отсутствуют расходы, связанные с транспортировкой, погрузкой-разгрузкой и подъемом блоков на этажи. Производство пенополистиролбетонной смеси может осуществляться непосредственно на строительной площадке. Таким образом, применение

монолитного пенополистиролбетона позволяет достичь высокой экономической эффективности стеновых конструкций.

Наряду с традиционным способом бетонирования ограждающих конструкций большую популярность набирает технология возведения монолитных стен из пенополистиролбетона с применением несъемной опалубки.

В качестве несъемной опалубки с фасадной стороны чаще всего предлагается облицовочная кладка в один или полкирпича, реже – панели-скорлупы из монолитного бетона. При этом следует выполнять проверку кирпичной кладки расчетом на давление пенополистиролбетонной смеси, а также при необходимости предусматривать усиление кладки временными креплениями. С внутренней стороны бетонируемой конструкции роль опалубки могут выполнять влагостойкие гипсокартонные листы в два слоя, магнезиальные листы или цементно-стружечные плиты. В соответствии с СТО НОСТРОЙ 2.6.182-2015 соединение наружной кирпичной кладки и внутренних листов, выполняющих функции несъемной опалубки, осуществляется с помощью арматурной сетки и перфорированной ленты. Лента одним концом крепится к сетке, устанавливаемой в горизонтальных швах кирпичной кладки, а другим – саморезами к стоечным П-образным оцинкованным профилям, на которые в последующем крепятся внутренние облицовочные листы или панели [2, 3].

Иное техническое решение монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона заключается в возведении легкого металлического каркаса, на который с обеих сторон крепятся элементы несъемной опалубки. Каркас стеновой конструкции устраивается на всю высоту этажа с применением оцинкованных профилей, нержавеющей стали и т.п. В качестве элементов несъемной опалубки также могут применяться стекломагнезиальные листы, цементно-стружечные плиты и лишь с внутренней стороны допустимо применение два слоя влагостойких гипсокартонных листов [3].

Иногда для придания архитектурной выразительности фасаду здания могут применяться элементы несъемной опалубки, имитирующие структуру природного камня или любую иную текстуру по усмотрению архитектора. В этом случае используют те же самые цементно-стружечные плиты или стекломагнезиальные листы, но с нанесением дополнительного декоративного покрытия. Также существуют технические решения с применением офактуренных плит, аналогичных тем, что используются в системе навесного фасада.

В случае применения съемной инвентарной опалубки чаще всего используют мелкощитовую опалубку из пластика, ориентированно-стружечных плит или фанеры. В целях обеспечения требуемого пожарного и влажностного режима наружных стен, поверхность конструкции обязательно должна быть оштукатурена цементно-песчаным раствором толщиной слоя не менее 20 мм [4].

Определению толщины монолитных ограждающих конструкций, а также прочностных характеристик пенополистиролбетона должны предшествовать теплотехнические и прочностные расчеты.

Разработка модели крупнощитовой пластиковой опалубки

Существующие технологии строительства зданий из монолитного пенополистиролбетона основаны преимущественно на применении несъемной опалубки. В данной работе разрабатывается модель крупнощитовой пластиковой опалубки для бетонирования монолитных стен из пенополистиролбетона.

При разработке модели крупнощитовой пластиковой опалубки в качестве прототипа была принята мелкощитовая опалубка из ABS-пластика GEOPANEL от производителя GEOPLAST. Применение ABS (акрилонитрилбутадиенстирола) в качестве материала опалубки обусловлено высокой механической прочностью, способностью поглощать удары, стабильностью при различных температурах (от -30°С до +70°С), очень высоким качеством поверхности, а также дальнейшей переработкой. Широкое распространение опалубочная система GEOPLAST получила благодаря своим неоспоримым преимуществам:

– небольшой вес панелей позволяет осуществлять монтаж и транспортировку на строительной площадке вручную, без применения крана и других грузоподъемных механизмов;

– несмотря на легкость, опалубка из ABS-пластика обладает достаточной прочностью и способна выдержать нагрузку до 80 кН/м^2;

– низкая адгезия бетона к пластику позволяет получать качественную поверхность готовой конструкции, использовать меньшее количество смазки и осуществлять быструю очистку опалубки водой без применения моющих средств;

– при правильной эксплуатации оборачиваемость опалубочной системы составляет не мене 100 циклов, а по истечении срока службы опалубка может отправляться на дальнейшую переработку;

– благодаря устойчивости материала опалубки к температурам от -30°С до +70°С при влажности 100 % складирование может осуществляться в не специализированных условиях [5].

При проектировании опалубки задачей первостепенной важности является определение нагрузки. В целом нагрузки, действующие на опалубочную систему, подразделяют на две группы: вертикальные и горизонтальные. К первым относят нагрузки, возникающие от собственной массы опалубки, от массы арматуры и бетонной смеси, а также нагрузки, создаваемые транспортными средствами и живой рабочей силой. Вертикальные нагрузки возникают при бетонировании горизонтальных монолитных конструкций, в том числе наклонно-горизонтальных: балочных и ребристых перекрытий, куполов, сфер, оболочек, сводов, мостов, эстакад и других пролетных строений. Ко второй группе относят ветровые нагрузки и максимальное давление бетонной смеси. Ветровые нагрузки учитываются в условиях сильного ветра и принимаются по СП 20.13330.2010. Все вышеперечисленные нагрузки являются не столь существенными по сравнению с нагрузками при бетонировании, поскольку наибольшие нагрузки на опалубку возникают при укладке бетонной смеси. Наиболее значительными являются горизонтальные нагрузки от бокового давления бетонной смеси, на которые и рассчитывается опалубка вертикальных конструкций.

Максимальное давление бетонной смеси на опалубку принимается равным гидростатическому давлению с треугольной эпюрой (рис.1):

$$P_{max} = \gamma h \text{ (кг/м}^2\text{)}, \quad (1)$$

где γ – удельный вес бетонной смеси, кг/м^3;
h – высота бетонирования, м.

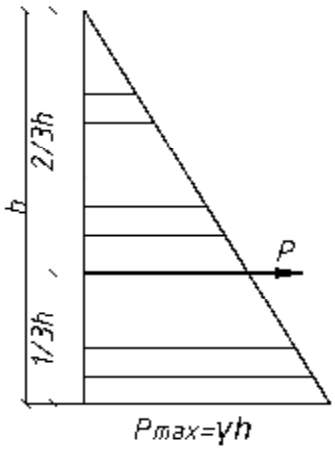


Рис. 1. Эпюра давления бетонной смеси

Результирующее давление приравнивается к площади эпюры, при этом следует учесть коэффициент запаса, который при расчете на боковое давление бетонной смеси принимается равным 1,3. Тогда горизонтальное давление на опалубку будет определяться по следующей формуле:

$$P = \frac{1,3\gamma h^2}{2} \text{ (кг/м)}. \quad (2)$$

Определив возможное максимальное давление пенополистиролбетонной смеси на опалубку, переходим к подбору ее сечения. Сечение опалубки назначается в зависимости от нагрузок, расчетной схемы и из условий:

а) прочности:

$$W = \frac{M}{R} \text{ или } \frac{bt^2}{6} = \frac{M}{R}, \quad (3)$$

где b – ширина опалубочной панели;

t – толщина опалубочной панели;

M – момент сопротивления сечения опалубки, кг·м;

R – расчетное сопротивление материала опалубки, кг/м;

б) жесткости:

$$J \geq \frac{kql^4}{Ef} \text{ или } f = \frac{Pl^3}{EJ} k \leq \frac{l}{400}, \quad (4)$$

где l/400 – предельно допустимое значение прогиба;

k – коэффициент, принимаемый по табл. 30 СП 16.13330.2011 в зависимости от схемы нагружения;

E – модуль упругости материала опалубки;

J – момент инерции сечения опалубки, определяемый по формуле (5):

$$J = \frac{bh^3}{12}. \quad (5)$$

Задавшись высотой опалубочной панели h = 3 м и шириной b = 1,2 м, в результате простых вычислений по формулам (1)-(3) получаем толщину опалубки t = 40 мм. Далее, убедившись в выполнении условия (4), приходим к выводу, что жесткость проектируемой опалубки обеспечивается, так как полученное значение прогиба f = 0,05 мм не превышает предельно допустимой величины, равной l/400 = 3000/400 = 7,5 мм.

Кроме всего прочего, проектирование опалубочной модели следует осуществлять с учетом того, что конструкция опалубки в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52085-2003 должна обеспечивать также:

– геометрическую неизменяемость формы и размеров под воздействием монтажных, транспортных и технологических нагрузок;

– проектную точность геометрических размеров монолитных конструкций и заданное качество их поверхностей;

– максимальную оборачиваемость и минимальную стоимость в расчете на один оборот;

– минимальную адгезию к схватившемуся бетону;

– минимальное число типоразмеров элементов в зависимости от характера монолитных конструкций;

– возможность фиксации закладных деталей в проектном положении и с проектной точностью;

– технологичность при изготовлении и возможность применения средств механизации, автоматизации при монтаже;

– быстроразъемность соединительных элементов и возможность устранения зазоров, появляющихся в процессе длительной эксплуатации;

– минимизацию материальных, трудовых и энергетических затрат при монтаже и демонтаже;

– удобство ремонта и замены элементов, вышедших из строя;

– герметичность формообразующих поверхностей;

– температурно-влажностный режим, необходимый для твердения и набора бетоном проектной прочности;

– химическую нейтральность формообразующих поверхностей к бетонной смеси, кроме специальных случаев;

– быструю установку и разборку опалубки без повреждения монолитных конструкций и элементов опалубки.

Проектируемая крупнощитовая опалубка для возведения стен из пенополистиролбетона представляет собой прямоугольные панели из ABS-пластика размером 3000×1200×40 мм. Для обеспечения необходимой прочности и жесткости

наружная сторона опалубки выполнена ячеистой с большим количеством продольных и поперечных ребер жесткости, размещенных с шагом 300 мм. Внутренняя поверхность опалубочной панели, соприкасающаяся с укладываемым бетоном, является гладкой, что позволяет добиться высокого качества готовой бетонной поверхности. В торцах панелей предусматриваются отверстия под фиксаторы. В качестве фиксаторов применяются рукоятки, выполненные из специально разработанного прочного материала – полиамида. Простым поворотом рукояток на 90° обеспечивается надежное и герметичное соединение панелей. Крепление и регулирование панелей в вертикальном положении осуществляется с помощью раскосов. Предотвращение возможного подъема опалубки достигается креплением панелей анкерами к полу. Применение такой крупнощитовой опалубки по сравнению с прототипом позволяет значительно снизить трудоемкость и продолжительность работ по опалубливанию конструкций. При этом разработка данной модели крупнощитовой опалубки велась с учетом максимального сохранения основных преимуществ мелкощитовой опалубочной системы GEOPANEL, в том числе возможности осуществления монтажа вручную, поскольку вес проектируемой панели достигает лишь 27 кг. Таким образом, разработанная модель крупнощитовой опалубки способна достойно отвечать требованиям ГОСТ Р 52085-2003, предъявляемым к конструкциям опалубочных систем.

Схема предлагаемой крупнощитовой опалубки из ABS-пластика представлена на рис. 2.

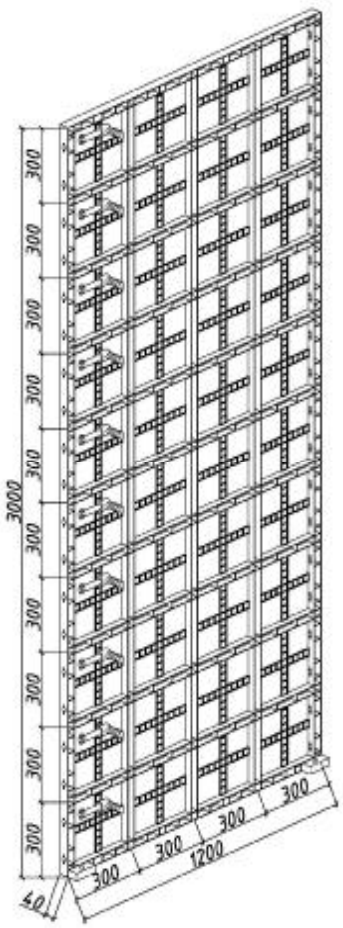


Рис. 2. Разработанная модель крупнощитовой пластиковой опалубки для бетонирования стен из пенополистиролбетонной смеси

Технология возведения монолитных наружных стен из пенополистиролбетона

Предлагаемая технология бетонирования монолитных стен из пенополистиролбетонной смеси предусматривает применение крупнощитовой пластиковой опалубки и пенобетоносмесительной установки.

Применение разработанной крупнощитовой пластиковой опалубки обеспечивает простоту и высокую скорость монтажа, а также отсутствие необходимости в использовании крана и прочих грузоподъемных механизмов.

Приготовление пенополистиролбетонной смеси предполагается осуществлять в условиях строительного производства с применением мобильного пенобетоносмесителя СПБУ-150 Люкс. Пенобетоносмеситель размещается на специально отведенном и подготовленном участке строительной площадки с уклоном не более 20° и с обеспечением удобных проходов для его загрузки, осмотра и ремонта. Основное преимущество данного пенобетоносмесителя заключается в возможности совмещения функций трех агрегатов: бетоносмесителя, пеногенератора и насоса для подачи бетонной смеси. При этом установка имеет небольшие габаритные размеры (600×800×1400 мм), что позволяет осуществлять производство работ в стесненных условиях либо размещать ее внутри помещения. Кроме того, пенобетоносмеситель СПБУ-150 Люкс имеет возможность подачи бетонной смеси на значительные расстояния: до 30 м по вертикали и до 100 м по горизонтали, что также является его несомненным достоинством.

Устройство монолитных ограждающих конструкций с применением пенополистиролбетонной смеси включает следующие работы:

– установка и вязка арматурных стержней стеновой конструкции по проекту;

– монтаж опалубки поярусно на каждом этаже с креплением и фиксацией;

– устройство и лесов (ЛСПР-20) на 1 этаж;

– приготовление пенополистиролбетонной смеси (на 1 м^3: портландцемент – 400 кг, песок – 120 кг, вода – 280 л, суперпластификатор «Глениум 51» – 2,4 л, пенообразующая добавка «Пеностром» – 1,35 л, дробленый пенополистирол – 10 кг);

– укладка пенополистиролбетонной смеси в опалубку конструкции;

– выдерживание и уход за пенополистиролбетоном;

– разборка лесов;

– демонтаж опалубки [6-8].

Схема бетонирования монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона представлена на рис. 3.

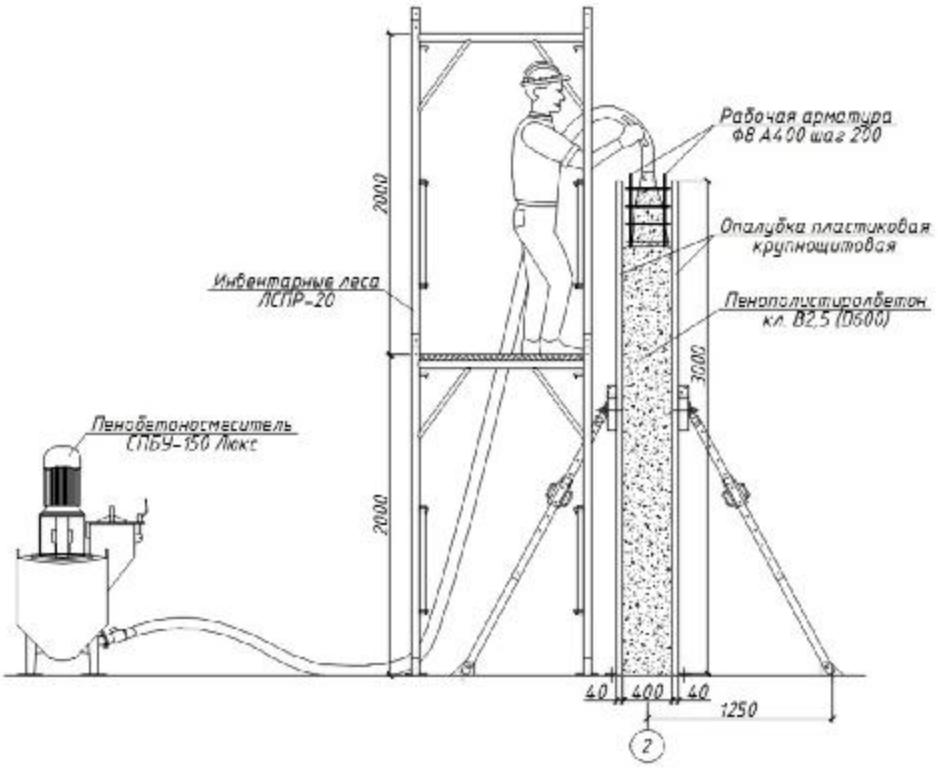


Рис. 3. Принципиальная схема возведения монолитных стен из пенополистиролбетона в крупнощитовой пластиковой опалубке

Для определения продолжительности возведения монолитных пенополистиролбетонных ограждающих конструкций составлен график производства работ (табл.).

Таблица

График производства работ

№	Наименование работ	Объем работ		Трудоемкость, чел.-см	Потребность в машинах и механизмах		Численность рабочих в смену, чел.	Продолжительность работ, см	Рабочие дни							
		Ед. изм.	Кол-во		Наименование машин и механизмов	Число маш.-см			1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
1	Приготовление пенополистирол-бетонной смеси (загрузка пенобе-тоносмесителя)	100 м^3	0,46	6,75	-	-	2	3								
2	Подача бетонной смеси	100 м^3	0,46	0,88	СПБУ-150 Люкс	1,76	1	2								
3	Приготовление бетонной смеси в отдельно стоящих бетоносмесителях	1 м^3	46,1	-	СПБУ-150 Люкс	2,54	1	3								
4	Укладка бетонной смеси в конструкции стен	1 м^3	46,1	5,15	-	-	2	3								
5	Установка опалубки	1 м^2 стен	115,2	0,82	-	-	2	1								
6	Разборка опалубки	1 м^2	230,4	1,45	-	-	2	1								
7	Установка и вязка арматуры отдельными стержнями	1 т	1,1	4,90	-	-	2	2								
8	Устройство инвентарных лесов	1 м^2 стен	115,2	3,75	-	-	4	1								
9	Разборка инвентарных лесов	1 м^2 стен	115,2	2,12	-	-	4	1								

Конструктивное армирование стен выполняется двумя вертикальными сетками со стержнями диаметром 8 мм класса А400. Стержни устанавливаются с шагом 200 мм в горизонтальном и вертикальном направлениях. Соединение отдельных стержней производится вязальной проволокой диаметром 1,1 мм. Соединение сеток между собой выполняется скобами из арматурной стали А240, диаметром 6 мм. Скобы следует устанавливать в шахматном порядке (400×400 мм). Обеспечение правильности положения арматуры заключается в использовании фиксаторов, устанавливаемых в шахматном порядке с шагом 1,0-1,2 м, для создания заданной толщины защитного слоя бетона.

Бетону, укладываемому в конструкцию стен, предъявляются следующие требования:

– класс по прочности на сжатие не менее В2,5;

– класс по плотности не менее D600.

Загрузка сырьевых компонентов в бетоносмесительную установку осуществляется с соблюдением определенной последовательности. Вначале производят заполнение

сосуда пенобетоносмесителя водой с отдозированным количеством добавок и дробленого пенополистирола. Затем после перемешивания жидких компонентов с пенополистирольными гранулами добавляют оставшиеся сухие компоненты: портландцемент и песок. Дальнейшее перемешивание смеси осуществляется в течение 3-4 минут при поддержании постоянного давления сжатого воздуха в сосуде. По истечении указанного времени вращение ротора останавливается, и готовая пенополистиролбетонная смесь под давлением подаётся в опалубку конструкции.

Уложенную в конструкцию пенополистиролбетонную смесь следует защищать от потерь влаги и попадания атмосферных осадков. В последующем необходимо поддерживать требуемые температурно-влажностные условия для обеспечения нарастания прочности пенополистиролбетона.

В качестве примера для составления калькуляции трудозатрат и графика производства работ (табл. 1) [9-10] по возведению монолитных ограждающих конструкций (h = 3 м) из пенополистиролбетона было рассмотрено одноэтажное здание с габаритными размерами в плане 9,6×9,6 м. На графике (табл.) наглядно отображены сроки (8 рабочих дней) и последовательность производства работ. Для данного примера сметная стоимость возведения монолитных стен из пенополистиролбетона в текущем уровне цен по состоянию на IV квартал 2017 года составляет 254,784 тыс. руб. Рассчитанные по ЕНиР затраты труда и машинного времени на возведение 46 м^3 монолитных пенополистиролбетонных конструкций составили 206,56 чел.-час и 34,4 маш.-час соответственно.

Заключение

1. Предложена модель крупнощитовой опалубки из ABS-пластика для бетонирования стен из пенополистиролбетонной смеси.

2. Разработана технология возведения ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона с применением крупнощитовой пластиковой опалубки и мобильного пенобетоносмесителя СПБУ-150 Люкс, а также описана последовательность и представлен график производства работ.

3. Приведены технико-экономические показатели возведения монолитных стен из пенополистиролбетона. Установлено, что для возведения 46 м^3 монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона необходимо 254,784 тыс. руб, а также 206,56 чел.-час и 34,4 маш.-час затрат труда и машинного времени соответственно.

Список библиографических ссылок

1. Садович М. А. Пенополистиролцементные композиции в строительных материалах: Результаты исследований и внедрений в строительство. Братск : БрГТУ, 2000. 147 с.
2. Стены многоэтажных зданий из монолитного полистиролбетона. URL: http://www.izoteh-spb.ru/services/monolit/3 (дата обращения: 20.04.2018).
3. Бадьин Г. М. Несъемные опалубочные системы для наружных стен малоэтажных зданий // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1 (30). С. 137–142.
4. Kharun M., Svintsov A. P. Polystyrene concrete as the structural thermal insulating material // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (10). P. 40–45.
5. Onyekachukwu E. P., Sharma P., Singh J. Review work on plastic formwork // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 8. P. 1141–1146.
6. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Ресурсосбережение при производстве железобетонных изделий с добавками гиперпластификаторов // Технологии бетонов. 2013. № 5 (82). С. 40–41.
7. Имайкин Д. Г., Ибрагимов Р. А., Мартынов М. М., Сунгатуллина А. Р. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 24. С. 96–98.

8. Ibragimov R. A. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International. 2016. № 6. С. 34–39.
9. Король Е. А., Харькин Ю. А. Технологическая и организационная эффективность возведения многослойных наружных стен в монолитном строительстве // Строительство и реконструкция. 2013. № 6 (50). С. 3–8.
10. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 20. С. 290–292.

Farrakhova Evgeniya Olegovna
engineer
E-mail: evgeniya.f11@mail.ru
Ibragimov Ruslan Abdirashitovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: rusmag007@yandex.ru
Imaykin Dmitry Gennadyevich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: imaykindg@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The technology of construction of monolithic building envelope of polystyrene concrete

Abstract

Problem statement. Expanded polystyrene concrete is an effective heat-insulating material, used for the most part as wall blocks. Today the increased interest in monolithic construction creates the need to develop new and improve existing technologies for the use of monolithic expanded polystyrene concrete in wall structures. The purpose of the study is to develop an efficiency construction technology of monolithic expanded polystyrene concrete building envelope.

Results. The model of large-panel formwork made of ABS-plastic was developed for concreting monolithic walls using an expanded polystyrene concrete mix. The technology of erection of monolithic enclosing constructions of buildings from expanded polystyrene concrete is offered. Technical and economic indices are determined. The construction schedule of monolithic structures from expanded polystyrene concrete, reflecting the timing and sequence of production, is also presented.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is the ability to reduce the complexity of construction and installation work on the construction of cost-effective monolithic building envelope.

Keywords: large-panel plastic formwork, formwork design, building envelop, expanded polystyrene concrete, construction technology of monolithic walls.

References

1. Sadovich M. A. Foam polystyrene cement compositions in building materials: Results of research and implementation in construction. Bratsk : BrGTU, 2000. 147 p.
2. Wall of high-rise buildings of monolithic polystyrene concrete. URL: http://www.izoteh-spb.ru/services/monolit/3 (reference date: 20.04.2018).
3. Badin G. M. Non-removable shuttering systems for exterior walls of low-rise of buildings // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2012. № 1 (30). P. 137–142.

4. Kharun M., Svintsov A. P. Polystyrene concrete as the structural thermal insulating material // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (10). P. 40–45.
5. Onyekachukwu E. P., Sharma P., Singh J. Review work on plastic formwork // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 8. P. 1141–1146.
6. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Resource in the manufacture of concrete products with the use of hyper plasticizer additives // Tekhnologii betonov. 2013. № 5 (82). P. 40–41.
7. Imaykin D. G., Ibragimov R. A., Martynov M. M., Sungatullina A. R. Technology of winter concreting of building structures using thermoactive formwork // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 24. P. 96–98.
8. Ibragimov R. A. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International. 2016. № 6. P. 34–39.
9. Korol E. A., Kharkin Yu. A. Technological and organizational effectiveness for construction of multylayered external walls in the field of cast-in-place construction // Stroitelstvo i rekonstrukciya. 2013. № 6 (50). P. 3–8.
10. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of construction of oil refining facilities taking into account the interests of participants in the investment construction project // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 20. P. 290–292.

УДК 625.08

Габдуллин Талгат Ривгатович
кандидат технических наук, доцент
E-mail: talgat2204@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Совершенствование способа нанесения сплошной линии дорожной разметки

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследований – совершенствование рабочего процесса нанесения сплошной линии (типы линий 1.1, 1.2.1, 1.3 и др. в соответствии с ГОСТ Р 51256-2014) дорожной разметки, направленное на повышение сроков эксплуатации сплошной линии дорожной разметки и снижение финансовых затрат при выполнении указанных работ.

Результаты. Основные результаты исследования заключаются в предложении более совершенного способа нанесения сплошной линии дорожной разметки на основе применения спроектированного фрезерного оборудования, создающего канавку под разметку, а также незначительной модернизации шнека рабочего органа существующей дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. В результате обеспечивается повышение подачи горячего термопластика при нанесении дорожной разметки в предварительно отфрезерованную канавку глубиной 5…7 мм и, тем самым, гарантированное повышение сроков эксплуатации нанесенной разметки.

Выводы. Значимость полученных результатов для дорожно-строительной отрасли состоит в разработке нового способа нанесения сплошной линии дорожной разметки и нового фрезерного оборудования к дорожно-разметочной машине. Установлено, что нанесенная предлагаемым способом сплошная линия дорожной разметки является более долговечным в эксплуатации, а сам способ экономически выгоднее, чем применяемые способы нанесения дорожной разметки.

Ключевые слова: дорожная разметка, дорожное покрытие, оборудование, шнек, рабочий орган, качество, способ, эффективность.

Введение

Разметка – это элемент безопасности дорожного движения, предназначенная для упорядочивания потока транспортных средств [1]. В настоящее время на автомобильных дорогах как России, так и других стран дорожная разметка наносится в основном двумя видами материалов: различными красками – обычными разметочными, двухкомпонентными красками, высокопрочными и водорастворимыми и пластиками – двухкомпонентными спрей-пластиками (рис. 1), термопластиком, двухкомпонентными холодными пластиками и др. [2].

Рис. 1. Двухкомпонентная разметочная машина

Нанесенная краской разметка при высокой интенсивности дорожно-транспортного потока истирается практически полностью в течение одного-двух месяцев (рис. 2). Мониторинг в течение нескольких лет и анализ состояния дорожных разметок из различных материалов на дорогах г. Казани показал, что разметка нанесенная горячим термопластиком является наиболее долговечным, соответственно, более актуальным и экономически целесообразным.

а) б)

Рис. 2. Дорожная разметка, нанесенная краской:
а) первоначальное состояние разметки; б) разметка после двух месяцев эксплуатации

Термопластик, нанесенный на сухое и чистое дорожное покрытие в горячем виде с полным соблюдением технологии, является стойким к трещинам, устойчив к резким температурным перепадам, выдерживает разрушающие воздействия техногенных и климатических условий и служит в восемь и более раз дольше, чем разметка нанесенная краской [1].

В ходе проведенных наблюдений за автомобильной дорожной сетью г. Казани, были замечены главные, на наш взгляд, следующие основные две причины износа дорожных разметок, нанесенных горячим термопластиком – отслоение и истирание.

Отслоение и истирание происходит по нескольким причинам:

- из-за некачественного сцепления термопластика с асфальтовым дорожным покрытием;
- истирание и отслоение под воздействием интенсивности и характера движения (ускорение, торможение, поворот, воздействие шипованных резин) транспортных средств всех типов, а также в процессе работы машин для летнего и зимнего содержания автомобильных дорог;
- из-за влияния негативных атмосферных факторов и воздействия колес транспортных средств.

Постановка задачи.

В настоящее время горизонтальные линии дорожной разметки наносятся следующими хорошо известными способами: гидравлический (безвоздушный), гравитационный, пневматический (аэрозольный), спрей-способ и экструдерный. Содержание рабочего процесса нанесения дорожной разметки у перечисленных способов отличается, но концепция нанесения у всех единая – нанесение разметочного материала на поверхность дорожного покрытия.

В целях повышения долговечности разметки нами предлагается новый способ ее нанесения, состоящий из нескольких этапов.

На первом этапе на поверхности дорожного покрытия необходимо прорезать канавку глубиной до 5…7 мм для нанесения на нее разметочного материала.

На втором этапе производится непосредственное нанесение разметочного материала.

С этой целью были:

1) спроектировано оборудование для фрезерования канавок под дорожную разметку;

2) для повышения объема подачи термопластика усовершенствован шнек экструдерного рабочего органа существующей дорожно-разметочной машины.

Оборудование для фрезерования разметочных канавок

Оборудование для фрезерования канавок сплошных линий дорожной разметки работает следующим образом. Сначала при помощи диска режется слой асфальта глубиной до 10…15 мм, обеспечивая ровность стенок канавки под разметку, исключая не нужные разрушения асфальта пристеночной зоны канавки. Далее фреза снимает слой асфальта глубиной до 5…7 мм. Благодаря этому, нанесенная разметка будет иметь один уровень с дорожным полотном, а после фрезерования поверхность углубления становится шероховатой, что приводит к улучшению адгезии (сцепляемости) между нанесенным термопластиком и асфальтовым покрытием. Срезанный слой дорожного покрытия удаляется с помощью специального пылевсасывающего аппарата IVR-B 50/30 (как возможный вариант) (рис. 3) с небольшой доработкой – увеличения контейнера (мусоросборника), который рассчитан на интенсивную промышленную эксплуатацию. Спроектированный компанией Ringler, данный аппарат представляет собой компактный промышленный пылесос малой габаритной высоты, идеально подходящий для интеграции в технологическое оборудование предприятий, занимающихся обработкой металлов, пластмасс и других видов отходов. Долговечная всасывающая турбина с боковым каналом гарантирует непрерывную эксплуатацию пылесоса (например, в составе технологической линии).

Рис. 3. Общий вид всасывающего аппарата IVR-B 50/30

Для привода рабочих органов был выбран гидромотор МГП-100 (рис. 4), имеющий следующие технические характеристики. Рабочий объём этого гидромотора 100,0 см^3 с частотой вращения (нормальной/минимальной/максимальной) 276,0/10,2/650,0 об./мин. Объёмный расход – 30 л/мин (500 см^3/с). Вес 10,0 кг. Гидромоторы данного типа успешно применяются в гидросистемах дорожно-строительных машинах и на машинах сельскохозяйственного назначения в качестве привода активных рабочих органов.

Рис. 4. Общий вид гидромотора МГП-100

На заключительном этапе на сухую и очищенную поверхность наносится усиленный термопласт со светоотражающими стеклошариками. Такая технология нанесения дорожной разметки обеспечивает срок ее службы до трех-четырех лет в зависимости от

интенсивности дорожного движения и климатических условий. При этом обеспечивается достаточная видимость дорожной разметки в темное время суток. Соответственно не нужно будет снимать старую, и наносить новую разметку в каждый новый сезон.

Общий вид в разрезе спроектированного оборудования для фрезерования канавок под дорожную разметку приведен на рис. 5.

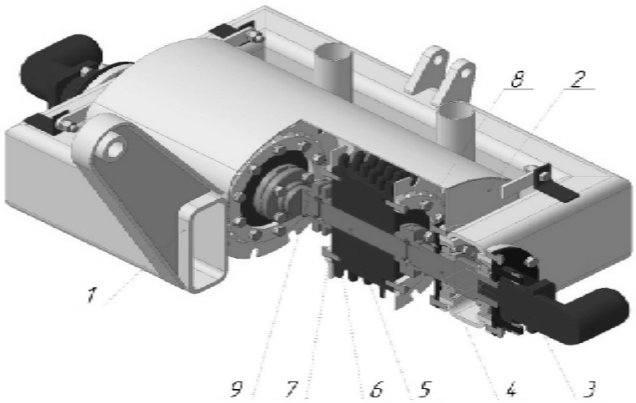


Рис. 5. Проектируемое фрезерное оборудования в разрезе:
1 – рама; 2 – защитная крышка; 3 – гидромотор МГП 100; 4 – вал, 5 – вал средний; 6 – фреза; 7 – диск-фаскосъемник; 8 – муфта; 9 – переходной вал

Надежность конструкции рамы (рис. 6) была проверена в системе прочностного анализа APM FEM [5].

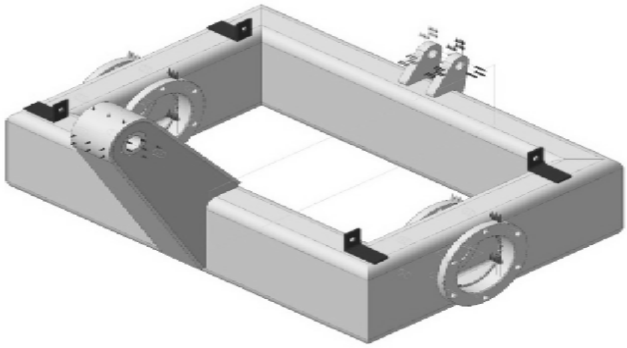


Рис. 6. Общий вид рамы

В системе прочностного анализа APM FEM в целях оптимизации металлоемкости и себестоимости конструкции были проведены исследования на подбор марки стали и толщины стенки конструкции, исходя из воздействующих на неё нагрузок. В качестве сравниваемых, были взяты трубы ГОСТ 8645-68180×80 толщиной стенок от 4-х до 16 мм из стали марки 09Г2С и Ст20 исходя из их широкой применяемости в машиностроении.

Анализ расчетов в системе прочностного анализа APM FEM (табл.) показывает, что для изготовления рамы предлагаемой конструкции оптимальным является вариант № 5 из стали 09Г2С и толщиной стенки 8 мм. Данная рама в надежной степени выдерживает максимальные напряжения в 200 МПа, при этом максимальный прогиб рамы не превышает 0,75 см. Учитывая, что предел текучести стали марки 09Г2С равен 320 МПА, делаем вывод, что рама имеет запас прочности в 1,6.

Данный запас прочности полностью удовлетворяет требованиям к металлоконструкциям. Дальнейшее увеличение запаса прочности является не рентабельным и приводит к повышению металлоемкости конструкции и к удорожанию конструкции в целом.

Таблица

Результаты исследования конструкции

Сравниваемые величины металла	Варианты исследований									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Толщина стенок рамы	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
Максимальные напряжения (МПа)	500	400	320	280	200	180	165	150	120	100
Максимальные прогибы (см)	1,68	1,4	1,12	0,984	0,75	0,71	0,68	0,62	0,58	0,54
Марка стали рамы	09Г2С	09Г2С	09Г2С	09Г2С	09Г2С	Ст20	Ст20	Ст20	Ст20	Ст20
Предел текучести стали (МПа)	320	320	320	320	320	240	240	240	240	240
Запас прочности	0,6	0,8	1	1,1	1,6	1,3	1,45	1,6	2	2,4

Также были проведены в соответствии с [2] расчеты рамы на жесткость и болтов на срез. Подбор необходимых подшипников производился по диаметру приводного вала фрезы.

Предлагаемое фрезерное оборудование можно достаточно легко установить на существующую машину для нанесения дорожной разметки «Контур 700 ТП» (рис. 5). Данная машина является наиболее применяемой при нанесении дорожных разметок на автомобильных дорогах г. Казани и РТ в целом.

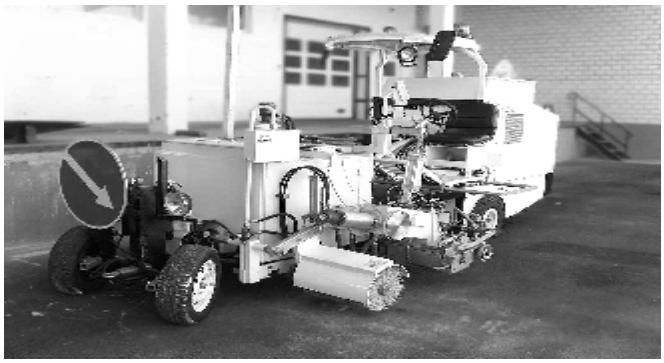


Рис. 5. Общий вид дорожно-разметочной машины Контур 700ТП

Штатный рабочий орган данной машины обеспечивает нанесение термопластика слоем до 5 мм при рабочей скорости машины 3…4 км/час. Дорожно-разметочная машина «Контур 700 ТП» имеет рабочий орган, работающий экструдерным методом, т.е. термопластик наносится путем его подачи через щелевые отверстия в экструдере под давлением, создаваемым шнековым механизмом. Повышение скорости нанесения с одновременным повышением объема подачи горячего термопластика для полного заполнения им отфрезерованной разметочной канавки требует незначительной модернизации шнека рабочего органа машины. Для решения данной задачи были произведены все необходимые расчетно-графические работы для модернизации штатного рабочего органа машины, включающие расчет шнекового конвейера с определением требуемого диаметра винта шнека по формуле [2, 3]:

$$Д = 0{,}275\frac{Q}{E \times n \times j \times r_{н} \times R_{b}};$$

где $Д$ – диаметр винта, м;
Q = расчетная производительность конвейера (2 т/ч при непрерывной круглосуточной работе);
E – отношение шага винта к его диаметру (для неабразивных грузов E = 0,4);
n – частота вращения винта, об./мин;
$\rho_н$ = 1000 кг/м^3 = 1 т/м^3 – насыпная плотность груза;
R_β – коэффициент уменьшения производительности от наклона конвейера;
φ – коэффициент заполнения желоба.

Заключение

Внедрение в дорожную отрасль нанесения сплошной дорожной разметки предлагаемым способом позволит повысить долговечность эксплуатации разметочной сети. Нанесенные подобным образом сплошная разметка может без видимых повреждений эксплуатироваться в течение 3…4 лет, т.е. весь период гарантийной эксплуатации заключительного слоя дорожного покрытия. При работе с предлагаемыми фрезерным оборудованием и модернизированной рабочим органом скорость выполнения работ по нанесению разметки может быть увеличена без ущерба качеству выполняемых работ. С учетом сокращения объемов выполняемых ежегодно работ сокращаются в совокупности все виды затрат – временные затраты, эксплуатационные и затраты на ГСМ, заметно экономится фонд заработной платы [9]. Таким образом, внедрение и применение разработанного способа нанесения дорожной разметки открывает новые возможности и является весьма перспективным для дорожно-строительной отрасли.

Внедрение. Торгово-производственная компания ООО «Фирма АВТОГАЗ» (г. Казань) проявила интерес к разработке фрезерного оборудования для дорожно-разметочной машины КОНТУР-700ТП. Результаты натурных испытаний ожидаются в ходе выполнения дорожно-разметочных работ в 2018 году.

Список библиографических ссылок

1. Васильев А. П. Эксплуатация автомобильных дорог. М. : Академия, 2010. 320 с.
2. Пугин К. Г., Юшков В. С. Современные материалы нанесения дорожной разметки : мат. международной научно-практической конференции «Проблемы функционирования систем транспорта» г. Тюмень 18-19 ноября 2010 г. С. 275–278.
3. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов 7-е изд. М. : Высшая школа, 2009. 560 с.
4. Горбачев А. Г. Современные методы расчета ПТМ на прочность, выносливость и долговечность при курсовом и дипломном проектировании. Свердловск : УПИ, 2016. 68 с.
5. Шелофаст В. В., Чугунова Т. Б. Основы проектирования машин. Пример решения задач. М. : АПМ, 2004. 240 с.
6. Шарапов Р. Р., Уваров В. А., Орехова Т. Н. Теория наземных транспортно-технологических машин / БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. 160 с.

7. Габдуллин Т. Р. Нанесение дорожной разметки на влажное дорожное покрытие // Известия КГАСУ. 2016. № 1 (35). С. 240–246.
8. Габдуллин Т. Р., Земдиханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ. 2014. № 4 (30). С. 464–469.
9. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
10. Габдуллин Т. Р. К вопросу совершенствования нанесения дорожной разметки // Известия КГАСУ. 2017. № 2 (40). С. 281–287.
11. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
12. 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. C. 012119.
13. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

Gabdullin Talgat Rivgatovich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: talgat2204@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

On the issue of improving road marking methods

Abstract

Problem statement. The purpose of the research is to improve the working process for drawing a solid line (types of lines 1.1, 1.2.1, 1.3, etc. in accordance with GOST R 51256-2014) road marking aimed at increasing the lifetime of a continuous line of road marking and reducing the financial costs for the implementation of these works.

Results. The main results of the study are to offer a more advanced method of applying a continuous line of road marking based on the use of designed milling equipment that creates a groove for marking, as well as a minor modernization of the auger screw of the existing road-marking machine KONTUR-700TP. As a result, the hot thermoplastic feed is increased when the road marking is applied to a pre-milled groove with a depth of 5...7 mm and, thereby, a guaranteed increase in the life of the applied marking.

Conclusions. The significance of the results obtained for the road construction industry is to develop a new method for applying a continuous line of road marking and new milling equipment to a road marking machine. It is established that the continuous line of road marking applied by the proposed method is more durable in operation, and the method itself is more economical in comparison with the applied ways of applying road marking.

Keywords: road marking, road surface, equipment, auger, working element, quality, method, efficiency.

References

1. Vasilyev A. P. Operation of highways. M. : Academy, 2010. 320 p.
2. Pugin K. G., Yushkov V. S. Modern materials of road marking application // Materials of the international scientific and practical conference «Problems of the functioning of transport systems», Tyumen, November 18-19, 2010. P. 275–278.
3. Alexandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Strength of Materials 7th ed. M. : Higher School, 2009. 560 p.
4. Gorbachev A. G. Modern methods of calculating machines for strength, endurance and durability at course and degree designing. Sverdlovsk : UPI, 2016. 68 p.

5. Shelofast V. V., Chugunova T. B. Fundamentals of machine design. Example of solving problems. M. : Publishing House of the TMA, 2004. 240 p.
6. Sharapov R. R., Uvarov V. A., Orekhova T. N. Theory of land transport-technological machines / BSTU them. V.G. Shukhova. Belgorod, 2014, 160 p.
7. Gabdullin T. R. Road marking on wet coating // Izvestiya KGASU. 2016. № 1 (35). P. 240–246.
8. Gabdullin T. R., Zemdihanov M. M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic cavitation working body type // Izvestiya KGASU. 2014. № 4 (30). P. 464–469.
9. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects. Barnaul : ASAU, 2002. 68 p.
10. Gabdullin T. R. To the question of improving the application of road marking // Izvestiya KGASU. 2017. № 2 (40). P. 281–287.
11. David J. I. White, Pavana K. R. Vennapusa, Mark J. Thompson. Validation of Intelligent Technology, Department of Transportation Federal Highway Administration. 2012. P. 12.
12. 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. C. 012119.
13. Hunter R. F. Asphalt in road construction. London, United Kingdom : ICE Publishing, 2014. 588 p.

УДК 625.12.033.38
Таймаров Михаил Александрович
доктор технических наук, профессор
E-mail: taimarovma@yandex.ru
Казанский государственный энергетический университет
Адрес организации: 420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51
Лавирко Юрий Васильевич
кандидат технических наук, доцент
E-mail: lav.yu55@gmail.com
Садыков Ренат Ахатович
доктор технических наук, профессор
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1
Валиуллин Булат Рамилевич
инженер
E-mail: bulat-valiullin@mail.ru
ООО «ДСК Велес»
Адрес организации: 420021, Россия, г. Казань, ул. Парижской Коммуны, д. 8

Разработка конструкций новых типов шпал для высокоскоростных поездов типа «САПСАН»

Аннотация

Поставленные задачи. Решение проблемы разработки новых конструкций шпал, обеспечивающих повышение их качества, снижение стоимости и продление срока их службы за счет обеспечения демпфирования шпалой колебаний и ударов при движении подвижного состава.

Результат. Шпалы служат опорами для рельсов и основное назначение шпал - передавать давление от рельсов на балластную призму и обеспечивать постоянство ширины колеи и устойчивость рельсового пути.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительства железных дорог состоит в том, что предлагаемая конструкция клееной древесной шпалы устойчива к перепадам температур по сравнению с железобетонными шпалами и срок ее службы доходит до 39-40 лет.

Ключевые слова: шпалы, Сапсан, балластная призма, виды колебаний, древесный шпон.

Введение

В настоящее время существует проблема повышения качества применяемых деревянных и железобетонных железнодорожных шпал. Известные технологии изготовления деревянных шпал включают выпиловки заготовки из шпального кряжа, наколку шпальной заготовки, пропитку. Недостатками известных технологий являются высокая трудоемкость изготовления деревянной шпалы, большой расход высококачественной древесины диаметром 26-56 см. При этом выход шпал из шпальных кряжей составляет не более 50 % [1-4]. Деревянные шпалы недолговечны из-за воздействия окружающей среды. Преимущества железобетонных шпал перед деревянными: малая восприимчивость к разрушению за счет воздействия окружающей среды, сохранение в стране высококачественной древесины для других нужд. Однако железобетонные шпалы имеют массу следующих недостатков: высокая трудоемкость изготовления, высокие потери в процессе их изготовления, высокая стоимость.

Из-за отсутствия демпфирования железобетонной шпалой колебаний и ударов при движении подвижного состава снижается срок службы металлоконструкций вагонов, платформ, а также колесных пар, установленных на вагонах. Увеличивается воздействие колебаний, вибраций и ударов на транспортируемые грузы и людей, снижается срок

службы гравийно-щебеночного основания железнодорожного пути. Кроме того повышается воздействие на строения и объекты, расположенные в непосредственной близости от железнодорожного пути.

С увеличением скорости движения поездов типа «Сапсан» частота контактов колесных пар со шпалами увеличивается. Разрушение железнодорожного пути и подвижного состава, а близлежащих строений при этом ускоряется. Поэтому существует проблема разработки новых конструкций шпал, обеспечивающих повышение их качества, снижение ее стоимости и продление срока службы за счет обеспечения демпфирования шпалами колебаний и ударов при движении поездов. Рассмотрению и исследованию этих вопросов посвящена данная статья.

Методика исследования

Для разработки технологии изготовления необходим анализ механических воздействий на шпалу в процессе эксплуатации. Шпалы служат опорами для рельсов и основное назначение шпал - передавать давление от рельсов на балластную призму и обеспечивать постоянство ширины колеи и устойчивость рельсового пути. Балластная призма - это элемент верхнего строения пути из балласта, укладываемого на земляное полотно для стабилизации рельсошпальной решётки при воздействии динамических нагрузок от подвижного состава. Поперечный профиль балластной призмы состоит из песка и щебня, укладываемого поверх песка [5-9].

Экспериментальная методика базируется на регистрации характеристик колебательного процесса в балластном слое и осуществляется сейсмоприемниками СМ-3, Методика подробно описана в работах [5, 7, 8]. В составе измерительного комплекта используются три датчика, позволяющие измерять три составляющие амплитуды колебаний: вертикальную (Z), горизонтальную вдоль оси пути (X) и горизонтальную поперек пути (Y).

Запись осуществляется в цифровом формате с помощью аналого-цифрового преобразователя сигналов, записываемых в реальном времени в память компьютера. По результатам исследований колебательных воздействий на железобетонную шпалу, размещенную на балластной призме железнодорожного пути для пассажирских поездов в диапазоне скоростей от 55 до 100 км/ч в работе [5] получены аналитические зависимости по расчету значений амплитуды вертикальных (Z), горизонтальных вдоль оси пути (X) и горизонтальных поперек пути (Y) составляющих колебаний.

В данной статье по экспериментальным зависимостям [5] рассчитаны составляющие этих колебаний при скоростях движения поездов типа «Сапсан» свыше 150 км/ч и предложены конструкции новых типов шпал и технология их изготовления.

Результаты исследования и их обсуждение

Ниже приводятся результаты расчетов по амплитудам – *A* и частотам – *f* колебаний, возникающих при воздействии на шпалу, размещенную на балластной призме железнодорожного пути для скоростных поездов типа «Сапсан» (табл. 1).

Таблица 1

Частота f и амплитуда A колебаний балластной призмы у подошвы торца шпалы при движении поездов типа «Сапсан»

Вид колебаний	Частота и амплитуда	Составляющие колебаний			Причины возбуждения колебаний
		Вертикальная	Горизонтальная		
			вдоль пути	поперек пути	
Низкочастотный	*f*, Гц	1,5	1,2	1,3	Силовое нагружение всеми осями тележки
	A, мкм	460	113	140	
Среднечастотный	*f*, Гц	134	-	-	Силовое воздействие каждой колесной пары
	A, мкм	218			
Высокочастотный	*f*, Гц	260	170	200	Вибрация неподрессорных масс ходовых частей подвижного состава
	A, мкм	22	11	15	

Из табл. 1 видно, что все виды колебаний обусловлены силовым и вибрационным воздействием различных частей вагонов при их взаимодействии с элементами железнодорожного пути. Наибольшую амплитуду *A* около 460 мкм имеет вертикальная составляющая при низкочастотном виде колебаний равном 1,5 Гц . Высокочастотный вид колебаний при *f*=260 Гц имеет амплитуду *A*=22 мкм и является следствием конструктивных особенностей ходовых частей подвижного состава. Горизонтальные составляющие колебаний вдоль и поперек пути не столь значительны по сравнению с вертикальными. Преобладающим видом колебаний являются вертикальные среднечастотные, которые характеризуются амплитудами в 4 раза превышающими колебания в горизонтальной плоскости в направлении по оси пути и почти в 3 раза превышающими колебания в горизонтальной плоскости в перпендикулярном направлении оси железнодорожного пути.

Поэтому демпфирующая способность шпалы для среднечастотных колебаний в вертикальной плоскости должна быть наибольшей. На рис. 1 приведена зависимость амплитуды – *A* и частоты – *f* вертикальных среднечастотных колебаний от скорости движения поезда – *V*.

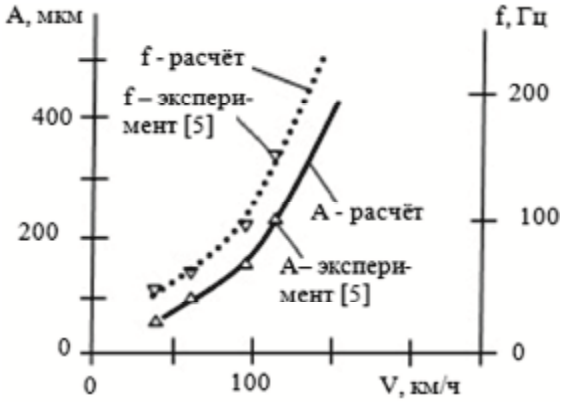


Рис. 1. Зависимость амплитуды – *A* и частоты – *f* вертикальных среднечастотных колебаний от скорости движения поезда – *V*

Как видно из рис. 1, увеличение скорости движения V поезда типа «Сапсан» до 150 км/ч вызывает рост амплитуды до значений *A*=400 мкм, что соответствует значению амплитуды низкочастотного силового воздействия всеми осями вагонной тележки.

Частота *f* вертикальных среднечастотных колебаний при увеличении скорости V до 150 км/ч возрастает в 2 раза. При этом наблюдается переход колебаний в высокочастотную область при скоростях свыше 150 км/ч.

В работе [10] показано, что для железнодорожных путей с железобетонными шпалами величина амплитуд вертикальных колебаний по результатам экспериментов оказалась в 1,9-2,5 раза большей, чем для пути с деревянными шпалами, то есть демпфирование средне- и высокочастотных колебаний железобетонными шпалами происходило не очень эффективно. Это связано с тем, что железобетонные шпалы изготавливаются из предварительно напряженного железобетона,

Следствием влияния большого перепада температур на железобетонные шпалы является низкая трещиностойкость. Чтобы избавиться от этого явления была разработана выше упомянутая конструкция из предварительно напряженного железобетона. Большие перепады температур вызывают повышенные внутренние напряжения в рельсовых путях, вследствие чего железобетонные шпалы не отличаются слишком высокой морозоустойчивостью. Шпалы из древесины незаменимы при низких температурах.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по механическим свойствам и демпфирующей способности шпал, изготовленных из различных материалов.

Таблица 2

Сравнительные данные по механическим свойствам шпал

Вид шпалы	Предел прочности при растяжении s_0, МПа	Модуль упругости Юнга E, ГПа	Тип демпфируемых колебаний
Железобетонная шпала	1275	200	Низкочастотные
Клееная шпала из шпона	130	10	Средне- и высокочастотные
Деревянная шпала	100	6	Высокочастотные

Из табл. 2 видно, что для демпфирования преобладающего вида вертикальных среднечастотных колебаний, возникающих при движении высокоскоростных поездов типа «САПСАН» наиболее подходят клееные шпалы из древесного водостойкого шпона.

Преимущества клееных шпал:

- быстрая окупаемость, так как они гораздо дешевле железобетонных шпал;
- вес деревянной шпалы около 86 кг, что в среднем в три раза меньше, чем вес железобетонной шпалы, что снижает затраты на транспортировку и монтаж;
- срок службы клееных шпал до 39 лет, что в среднем в 2,5 раза выше деревянных шпал;
- устойчивость к перепадам температур по сравнению с железобетонными шпалами;
- упругость по сравнению с железобетонными шпалами, что снижает износ колесных пар;

Технология изготовления клееной шпалы устраняет отрицательные характеристики естественных пороков древесины, что существенно повышает уровни ее показателей прочности и демпфирующей способности по сравнению с деревянными шпалами. По сравнению с железобетонными шпалами у клееных шпал больший коэффициент трения о балласт.

Невысокие эксплуатационные характеристики деревянных шпал, по сравнению с клеенными из шпона, связаны с тем, что древесные кряжи для деревянных шпал должны иметь содержание влаги не более 22-25 %. Для этого древесина для изготовления шпал должна заготавливаться зимой в период ее наименьшей влажности. Однако заготовка древесины для деревянных шпал в России производится круглогодично. Доставка производится сплавом по рекам с перегрузкой на наземный транспорт, для транспортировки на шпалопропиточные заводы. Годичный процесс сушки шпальной древесины заменяется более коротким периодом сушки.

Клееная шпала на технологическом этапе получения древесного шпона требует соблюдения регламента по удалению влаги и пропитки, без которых качественный шпон получить не возможно. Поэтому клееная шпала из древесного шпона лишена отрицательной технологической наследственности, которая свойственна цельно древесным деревянным шпалам, приобретенной на стадии заготовки, транспортировки и обработки древесных кряжей.

Конструкция клееной шпалы из древесного водостойкого шпона приведена на рис. 2.

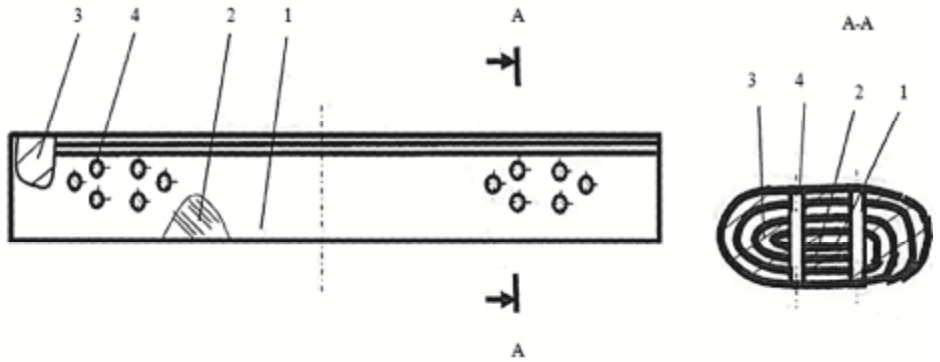


Рис. 2. Схема конструктивного исполнения шпалы с повышенной демпфирующей способностью для высокоскоростных поездов типа «Сапсан»

Технологический принцип изготовления шпалы, показанной на рис. 2, состоит из следующих операций. Тонкие листы древесного шпона пропитываются водостойкой рецептурой на всю толщину антисептиком на основе каменноугольного масла. Затем производится соединение клеем 3 Intercoll L 1421 (фирма-изготовитель Wakol) пропитанных листов шпона в механически более прочные пластины 1 и 2 (рис. 2) . После этого наносится еще слой клея 3 на поверхность пластин из древесного шпона и производится свертывание этих пластин по всей длине в брус. Затем свернутый из двух пластин шпона брус помещается под пресс с давлением 40 кг/см^2 на 2 часа и происходит склеивание пропитанных слоев двух пластин 1 и 2 между собой по всей толщине. После склеивания брус вынимается из-под пресса, и сверлятся по разметке отверстия 4 под крепеж рельсов. По предлагаемой технологии могут быть свернуты в брус сразу четыре пластины с толщиной каждой пластины до 4 мм.

В табл. 3 приведены сравнительные техника- экономические показатели клееной шпалы из древесного шпона с железобетонными и деревянными шпалами. Как видно из табл. 3, клееные шпалы имеют более длительный срок службы, по сравнению с деревянными шпалами. По причинам, отмеченным выше, и связанным с первичной подготовкой древесных кряжей дли изготовления из них деревянных шпал. Однако в России 90 % из всего количества эксплуатируемых в настоящее время железнодорожных шпал являются деревянными [3, 10].

Таблица 3

Сравнительные технико-экономические показатели клееной шпалы из древесного шпона с железобетонными и деревянными шпалами

Тип шпалы	Железобетонная 2700×305×229 мм по ГОСТ 54747-2011	Деревянная пропитанная 2750´ 250´ 180 мм по ГОСТ 78-2004	Клееная из шпона 2750´ 250´ 180 мм
Срок службы, лет	45	15	39
Стоимость одной шпалы с НДС, руб.	2300	1100	1400
Основные дефекты шпал	Поперечные и продольные трещины	Продольные трещины и поперечные изломы	Продольные трещины
Вес шпалы, кг	265	85	86

Как видно из табл. 3, по стоимости железобетонные шпалы на 64 % дороже клееных шпал и 2,1 раза дороже пропитанных деревянных. Кроме того, рельсовый путь на железобетонных шпалах отличается большей жесткостью, что увеличивает выход рельсов из строя, вызывает рост расходов на капитальный ремонт пути и ходовых частей подвижного состава по сравнению с клееными шпалами из шпона.

Вес железобетонной шпалы в среднем 3,1 раза больше по сравнению с деревянными и клееными шпалами из шпона. Это усложняет ремонт и прокладку железнодорожных путей. Характерными дефектами железобетонных шпал являются опасные для эксплуатации поперечные и продольные изломы. Для деревянных шпал продольные трещины и поперечные изломы сопровождаются процессами биологического разложения древесины, так как невозможно получить пропитку шпалы антисептиками на всю глубину. Для клееных шпал из шпона продольные трещины располагаются в местах клеевого соединения или на поверхности первого слоя шпона без биологического глубинного разложения древесины.

Заключение

Технология клеевого изготовления шпал позволяет создавать новые типы клееных шпал из древесного шпона для высокоскоростных поездов типа «Сапсан» с повышенной демпфирующей способностью против колебаний в вертикальной плоскости с высокими амплитудами и частотами.

Значимость полученных результатов для строительства железных дорог состоит в том, что предлагаемая конструкция клееной древесной шпалы устойчива к перепадам температур по сравнению с железобетонными шпалами и срок ее службы доходит до 39-40 лет.

Список библиографических ссылок

1. Сафин Р. Г., Зиатдинова Д. Ф., Сафина А. В., Степанова Т. О., Крайнов А. А. Современные направления переработки лесных ресурсов // Вестник Казанского технологического университета. 2015. т. 18, в. 15. С. 144- 148.
2. Шпала : пат. 104940 Рос. Федерация. № 2011102658/11 ; заявл. 24.01.2011 ; опубл. 27.05.2011, Бюл. № 15 с.
3. Яковлева Т. Г., Карпущенко Н. И., Клинов С. И., Путря Н. Н. Железнодорожный путь. М. : Транспорт. 1999. 405 с.
4. Шпала : пат. 115784 Рос. Федерация. № 2011152335/11 ; заявл. 21.12.2011 ; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13 с.
5. Турсунов Х. И. Исследование колебательного процесса гранитного щебня в балластной призме // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012, № 2. С. 10–16.
6. Способ изготовления шпалы : пат. 2481430 Рос. Федерация. № 2011154396/11 ; заявл. 29.12.2012 ; опубл. 10.05.2013, Бюл. № 1. 3 с.
7. Коншин Г. Г. Упругие деформации и вибрации земляного полотна. М. : РУТ (МИИТ), 2010. 180 с.
8. Мурафа А. В., Макаров Д. Б., Нуриев М. А., Хозин В. Г. Наномодифицированные битумные эмульсии строительного значения // Известия КГАСУ. 2010, № 2 (14). С. 245–250.
9. Rose J. G. Rail reaps benefits from asphalt track beds // Intentional Railway Journal. 1998. № 9. P. 21- 25.
10. Gemot Arnold. New Hannover-Berlin HS line has rigid track bed // International Railway Journal. 1998. № 9. P. 15- 19.
11. Fras Klosters. NS to start ballastless track trials next month // International Railway Journal. 1998. № 9. P. 27- 29.

Taimarov Mikhail Alexandrovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: taimarovma@yandex.ru
Kazan State Power Engineering University
The organization address: 420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya str., 51
Lavirko Yuri Vasilyevich
candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: lav.yu55@gmail.com
Sadykov Renat Akhatovich
doctor of technical sciences, professor
E-mail: sadykov_r_a@mail.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Valiullin Bulat Ramilevich
engineer
E-mail: bulat-valiullin@mail.ru
LLC «DSK Veles»
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Parizhskoy Kommuny st., 8

Development of structures of new type of sleepers for high-speed trains of «SAPSAN» type

Abstract

Problem statement. The solution of the problem of developing new sleepers designs ensuring their quality improvement, reducing the cost and prolonging their service life by ensuring the damping of the sleepers with vibrations and shocks during rolling stock movement.

Results. Sleepers serve as supports for rails and the main purpose of sleepers is to transfer the pressure from the rails to the ballast prism and to ensure the consistency of the track width and the stability of the track.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction of railways is that the proposed construction of glued wood sleepers is resistant to temperature changes compared to reinforced concrete sleepers and its service life reaches 39-40 years.

Keywords: sleepers, Peregrine Falcon, ballast prism, types of vibrations, wood veneer.

References

1. Safin R. G., Ziatdinova D. F., Safina A. V., Stepanova T. O., Krainov A. A. Modern directions of processing of forest resources // Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo universiteta. 2015. V. 18. P. 144–148.
2. Sleeper : patent 104940 of the Rus. Federation. № 2011102658/11 ; decl. 24.01.2011; publ. 27.05.2011. Bull. № 15 p.
3. Yakovleva T. G., Karpushchenko N. I., Klinov S. I., Putrya N. N. Railway track. M. : Transport, 1999. 405 p.
4. Sleeper : patent 115784 of the Rus. Federation. № 2011152335/11 ; decl. 21.12.2011; publ. 10.05.2012. Bull. № 1. 3 p.
5. Tursunov Kh. I. Investigation of the oscillatory process of granite rubble in the ballast prism // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. 2012. № 2. P. 10–16.
6. Method of manufacturing sleepers : patent 2481430 of the Rus. Federation. № 2011154396/11 ; decl. 29.12.2011; publ. 10.05.2011. Bull. № 1. 3 p.
7. Konshin G. G. Elastic deformations and vibrations of the road bed. M. : Russian University of Transport, 2012. 180 p.
8. Murafa A. V., Makarov D. B., Nuriev M. A., Khozin V. G. Nanomodified bitumen emulsion of construction value // Izvestiya KGASU. 2010. № 2 (14). P. 245–250.
9. Rose J. G. Rail reaps benefits from asphalt track beds // Intentional Railway Journal. 1998. № 9. P. 21- 25.
10. Gemot Arnold. New Hannover-Berlin HS line has rigid track bed // International Railway Journal. 1998. № 9. P. 15- 19.
11. Fras Klosters. NS to start ballastless track trials next month // International Railway Journal. 1998. № 9. P. 27- 29.

УДК 539.3

Каюмов Рашит Абдулхакович
доктор физико-математических наук, профессор
E-mail: kayumov@rambler.ru
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1
Кашафдинова Алсу Фаритовна
инженер
E-mail: kashafdinovaalsu@gmail.com
ООО «Восток-С»
Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Московская, д. 27

Методика описания процесса деградации бетонных конструкций под влиянием солевой коррозии

Аннотация

Постановка задачи. В настоящее время актуальной является проблема разработки теоретических методов оценки долговечности строительных конструкций, работающих при совместном действии силовых факторов и агрессивных сред. Цель исследования – создать математическую модель, описывающую процесс деградации бетона, находящегося под воздействием солевого раствора, позволяющую рассчитать несущую способность в различные моменты времени и дать оценку долговечности конструкции.

Результат. Рассматривается задача диффузии раствора соли в бетон и задача кристаллизации этой соли в порах бетона. Приведён пример обработки результатов эксперимента по определению коэффициента диффузии жидкости в бетоне. Решение проводится в конечных разностях по времени и по координате. Предложено соотношение в виде дифференциального уравнения для определения скорости кристаллизации соли в порах бетона и его решение. Приведены результаты экспериментов по определению прочности образцов, подвергшихся воздействию солевого раствора в течение 3-х и 6-и месяцев. Представлена оценка влияния массы кристаллизовавшейся соли в порах материала на прочностные свойства материала. Зависимость прочности бетона от концентрации солей в нём аппроксимируется функцией, которая позволяет определить значение прочности в различных точках стены к определённому моменту времени.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной области состоит в возможности прогнозировать падение с течением времени несущей способности бетонной стены, подверженной влиянию солевого раствора.

Ключевые слова: бетон, долговечность, прочность, коррозия, деградация, соль.

Введение

Новым направлением в развитии науки о сопротивлении материалов стали работы, посвящённые изучению влияния агрессивных (твёрдых, жидких, газообразных и других) сред на процессы деформирования и разрушения материалов [1].

В классической теории сопротивления материалов эти воздействия учитываются с помощью коэффициентов условий работы, которые Н. Стрелецким названы «коэффициентами незнания» и которые не могут в полной мере учесть воздействие агрессивных факторов. Использование таких коэффициентов зачастую приводит к преждевременному выходу из строя конструкции и элементов. Неоднократно обращалось внимание на то, что этот пробел в теории сопротивления материалов необходимо заполнить [2].

В настоящее время накоплен определённый объём экспериментальных и теоретических знаний, на основании которых можно математически описать влияние агрессивных сред на механические свойства материалов, из которых выполнена конструкция, и на её несущую способность.

Одним из распространённых агрессивных факторов, влияющих на долговечность материала конструкции и самой конструкции в целом, являются соли. Некоторые

элементы сооружения подвергаются постоянному воздействию солей непосредственно в растворённом состоянии, а иногда в виде пара. При этом происходит кристаллообразование в элементах конструкций зданий и сооружений (особенно в процессе попеременного намокания и высушивания). В связи с этим наблюдается концентрация соли как на поверхности материала, так и в его толще, что естественно не может не сказаться на прочности конструкции каркаса.

Цель исследования состояла в создании математической модели, которая описывала бы процесс деградации бетона, находящегося под воздействием солевого раствора, позволяла бы рассчитать несущую способность в различные моменты времени и дать оценку долговечности конструкции.

Объектом исследования является бетон под воздействием солевого раствора.

Предмет исследования – процесс солевой коррозии элементов бетонных конструкций, находящихся под воздействием вод с высоким содержанием солей.

Постановка задачи и методика её решения

Сначала рассмотрим задачу диффузии раствора соли в бетонную стену. Считаем, что перенос вещества обусловлен перепадом концентраций и определяется по следующему закону:

$$\lambda \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \frac{\partial C}{\partial t}, C = C(x,t) \cdot \qquad (1)$$

Здесь $C = C(x,t)$ – содержание жидкости в среде бетона, λ – коэффициент диффузии раствора, x – координата по толщине стены; t – время. Процесс диффузии жидкости зависит не только от времени и координаты сечения колонны, но и от параметров, характеризующих влияние на механические свойства материала таких факторов как состав бетонной смеси, способы твердения, производства и т.п.

Считаем, что соль в стену проникает согласно схеме, показанной на рис. 1а. Разобьём сечение стенки на элементарные слои толщиной, например, 1 см. Очевидно, что поток раствора соли будет доходить до различных слоёв в разное время. Так, например, к первому (граничному) слою поток подходит в начальный момент времени t_0, так как раствор «омывает образец»; во второй слой раствор проникнет к моменту времени t_1, в третий – в момент времени t_2 и т.д.

На рис. 1а представлено разделение на элементарные слои и распределение концентрации соли в них.

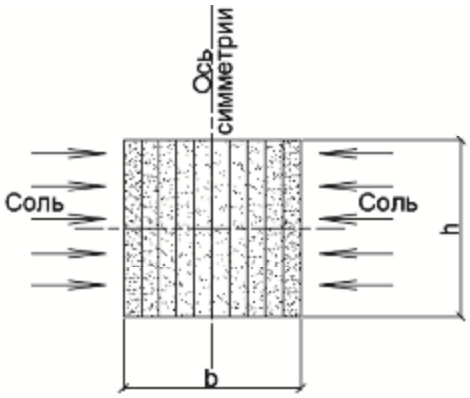


Рис. 1а. Схема воздействия раствора, и разделение области на слои

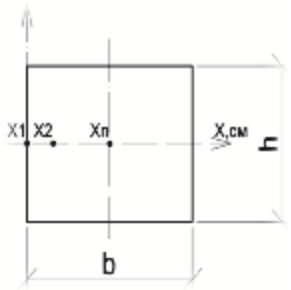


Рис. 1б. Система координат

Из уравнения (1) можно найти время, которое необходимо раствору, чтобы достигнуть i-ого слоя.

Введём систему координат так, как показано на рис. 1б. Граничные условия запишем в виде:

$$x=0:\ C(0,t)=C_{max}=const,$$

где C_{max} – максимальное содержание жидкости в среде. В середине образца скорость изменения концентраций равна 0. Это можно записать следующим образом:

$$x = \frac{b}{2}: \frac{\P C}{\P t}(b/2, t) = 0.$$

Начальное условие имеет вид:

$$t=0: C(x, 0)=C_{min}=const,$$

где C_{min} – содержание жидкости в бетоне до воздействия влаги.

Решение будем проводить в конечных разностях и по времени, и по координате. Обозначим: C_i^j - количество жидкости в точке $x=x_i$ при $t=t_j$. Тогда запишем уравнения диффузии следующим образом.

Шаг по времени № 1. Запишем уравнение (1) в конечных разностях для точки $x=x_2$ в момент времени $t=t_2=\Delta t$:

$$t = t_2 : \frac{C_3^{(1)} - 2C_2^{(1)} + C_1^{(1)}}{Dx^2} \mid = \frac{C_2^{(2)} - C_2^{(1)}}{Dt}.$$

Здесь $C_3^{(1)}=C_{min}, C_2^{(1)}=C_{min}, C_1^{(1)}=C_{max}$.

Отсюда находим $C_2^{(2)}$.

Шаг по времени № 2. Далее запишем уравнение (1) в конечных разностях для точки $x=x_2$ в момент времени $t=t_3=2\Delta t$:

$$t = t_3 : \frac{C_3^{(2)} - 2C_2^{(2)} + C_1^{(2)}}{Dx^2} \mid = \frac{C_2^{(3)} - C_2^{(2)}}{Dt}.$$

Здесь $C_3^{(2)}=C_{min}$, $C_1^{(2)}=C_{max}$, а $C_2^{(2)}$ найден на 1-ом шаге. Отсюда находим $C_2^{(3)}$.

Далее запишем уравнение (1) в конечных разностях для точки $x=x_3$:

$$t = t_3 : \frac{C_4^{(2)} - 2C_3^{(2)} + C_2^{(2)}}{Dx^2} \mid = \frac{C_3^{(3)} - C_3^{(3)}}{Dt}.$$

Здесь $C_4^{(2)}=C_3^{(2)}=C_{min}$, а $C_2^{(2)}$ найдено на 1-ом шаге. Отсюда находим $C_3^{(3)}$.

Таким образом, последовательно находим значения C в точках $x=x_i$ в моменты времени $t=t_j$.

Коэффициент диффузии λ нужно находить из эксперимента. Для этого проводился следующий эксперимент. Бетонный образец с габаритами 10×10×10 см был взвешен в начальном состоянии, т.е. в сухом виде. Затем образец был погружен в воду и периодически взвешивался. Вычислялась масса поглощённой образцом воды в различные моменты времени. Таким образом, была получена зависимость массы поглощённой образцом воды от времени (рис. 2).

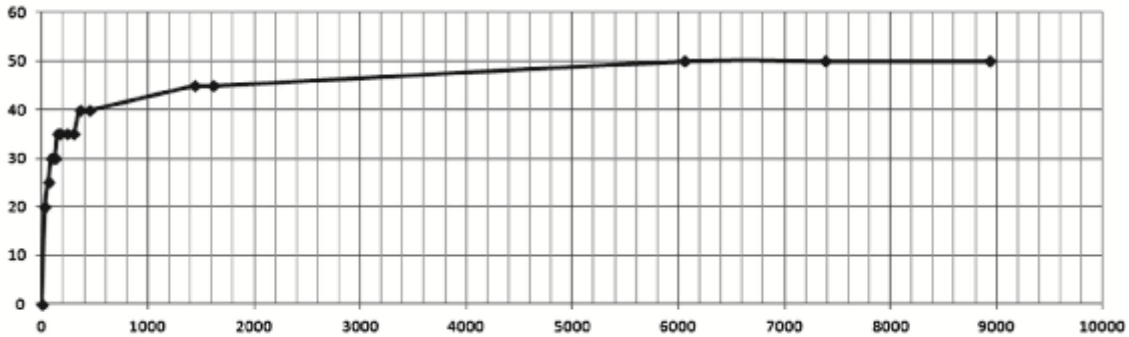


Рис. 2. Зависимость массы поглощённой воды (по оси ординат, в гр) от времени (по оси абсцисс, в мин)

Зная данную зависимость и используя уравнение диффузии воды в бетоне (1), перебором значений λ и сопоставлением расчетных значений массы поглощённой жидкости с экспериментальными значениями, был найден коэффициент диффузии раствора в бетоне λ = 59 см^2/сут.

Далее были проведены эксперименты по определению несущей способности образцов, которые были подвержены воздействию раствора соли, в зависимости от времени (табл.). Были испытаны 3-и одинаковых образца с габаритами 10×10×10 см.

Первый из образцов был контрольным. Второй образец был предварительно уложен в раствор морской соли с концентрацией 3,47 %, которую поддерживали на протяжении всего времени проведения эксперимента. Концентрация соли была принята равной средней солености мирового океана – 34,7 г/л. Образец находился в растворе до момента времени t_1, после чего он был вынут, высушен и подвержен испытанию на прессе, что позволило определить несущую способность образца, насыщенного солью по истечении первого промежутка времени. Аналогичный эксперимент был произведен с третьим образцом, который был подвержен солевому воздействию до момента времени t_2. Таким образом, по результатам 3-х экспериментов можно построить кривую зависимости от времени несущей способности образца, подверженного влиянию агрессивного фактора.

Таблица

Обобщение результатов эксперимента

Время замачивания (№ образца), мес.	Площадь приложения нагрузки $A_{общ}$, см^2	Предельная нагрузка P, кН	Прочность бетона Rb, МПа
t_0=0 (образец № 1)	111,555	979	87,76
t_1=3 месяца (образец № 2)	101,505	1037	102,2
t_2=6 месяцев (образец № 3)	100	1090	109,0

Из рис. 2 видно, что происходит упрочнение бетона, на самом же деле график должен иметь ниспадающую ветвь при больших временах. При воздействии солевого раствора бетон сначала упрочняется до определенного момента времени, а затем постепенно теряет свои прочностные свойства. Данный факт известен и описан, например в [3]. Время проведения эксперимента было ограничено, поэтому получены результаты только фазы упрочнения. Далее приведём соотношения, которые предлагается использовать для описания этого процесса.

Известно, что с течением времени соль в образце начнёт кристаллизоваться. Максимальный объём кристаллов соли будет достигнут в момент заполнения всех пор образца.

Будем описывать процесс кристаллизации соотношением:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \alpha / (1+\gamma M)^{\beta}, \quad \alpha = \alpha(C), \quad \beta = \beta(C), \quad \gamma = \gamma(C). \qquad (2)$$

Здесь M – масса соли, которая кристаллизовалась в образце, отнесённая к массе бетона до начала процесса кристаллизации; t – время, $\frac{\partial M}{\partial t}$ – скорость кристаллизации соли; α, β, γ – коэффициенты, которые могут быть найдены из эксперимента. В начальный момент времени скорость кристаллизации соли максимальна и равна параметру α. С течением времени при росте массы кристаллизовавшейся соли происходит снижение скорости кристаллизации.

Для упрощения решения в запас долговечности можно считать, что процесс кристаллизации соли в i-ом слое начинается в момент достижения раствором данного слоя. Т.е., соль начнёт кристаллизоваться в различных слоях хотя и в разное время, но в независимости от того, какова влажность в данном слое. Условимся считать, что процесс кристаллизации в элементарном объеме начинается непосредственно в момент начала воздействия раствора соли на этот объём образца. Это означает, что $\alpha=const$, $\beta=const$, $\gamma=const$. Тогда решение уравнения (2) может быть записано в аналитическом виде:

$$M = \left(\left[1+t\alpha\gamma(1+\beta)\right]^{\frac{1}{1+\beta}} - 1\right)/\gamma. \qquad (3)$$

Выражение для определения прочности $R^j_{b,i}=f(M)$ в i-ом слое на единицу площади в момент времени $t=t_j$ примем в виде:

$$R^j_{b,i} = R_{b0}(1+mM^j_i)/(1+n(M^j_i)^2), \qquad (4)$$

где M^j_i – доля массы соли в образце в точке $x=x_i$ при $t=t_j$; R_{b0} – начальная прочность бетона; m и n – параметры, характеризующий влияние на механические свойства материала образца различных факторов (состава бетонной смеси, способ твердения, производства и т.п.).

Зависимость представлена именно в таком виде с той целью, чтобы можно было учесть фазу упрочнения. Далее с увеличением массы кристаллизовавшейся в порах бетона соли функция $R^j_{b,i}$ будет стремиться к 0, но никогда не пересечет ось абсцисс.

Из эксперимента нам известны значения R_{b0}, $P^{3мес}$, $P^{6мес}$ в среднем сечении образца. Суммарная нагрузка в момент времени $t=t_j$ на сечение образца вычисляется по соотношению:

$$P^j = \iint_A R^j_{b,i} dA_i ,$$

где dA_i – единичная площадь области сечения образца с равной концентрацией солей. Интегрирование будем вести численно. Разобьём квадрат на малые площадки с размерами 1×1 см (рис. 3).

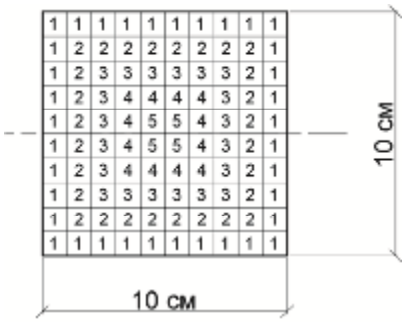


Рис. 3. Разбиение сечения на элементарные площадки с размерами 1×1 см

Из рис. 3 видно, что имеем 5 областей с равной концентрацией: квадратов № 1 – 36 шт., т.е. 36 см^2, № 2 – 28 шт., т.е. 28 см^2, № 3 – 20 шт., т.е. 20 см^2, № 4 – 12 шт., т.е. 12 см^2, № 5 – 4 шт., т.е. 4 см^2, Площадь квадрата ΔA = 1×1=1 см^2.

Прочность единичной площадки i-ого слоя определяется по формуле (4). Тогда в момент времени $t=t_j$ суммарная нагрузка будет равна:

$$P^j = \sum_A P^j_i = R_{b0} \sum_A [(1+mM^j_i)/(1+n(M^j_i)^2)\,A_i].$$

Система уравнений для определения параметров m и n примет вид:

$$\begin{cases} P^{3мес} = \sum P^{3мес}_i = R_{b0} \sum \left[\left(1+mM^{3мес}_i\right)/\left(1+n(M^{3мес}_i)^2\right)A_i\right] \\ P^{6мес} = \sum P^{6мес}_i = R_{b0} \sum \left[\left(1+mM^{6мес}_i\right)/\left(1+n(M^{6мес}_i)^2\right)A_i\right] \end{cases}. \quad (5)$$

Для отыскания неизвестных коэффициентов α, β, γ необходимо произвести следующий эксперимент. Замеряется масса образца в сухом состоянии, а затем образец опускается в раствор соли и периодически подвергается взвешиванию до того момента, когда масса поглощённой жидкости не стабилизируется. Через некоторое время масса образца будет увеличиваться лишь за счет образования кристаллов солей. Таким образом, необходимо произвести замеры массы образца в разные моменты времени, чтобы отследить рост массы кристаллов солей. Схема кристаллообразования представлена на рис. 4.

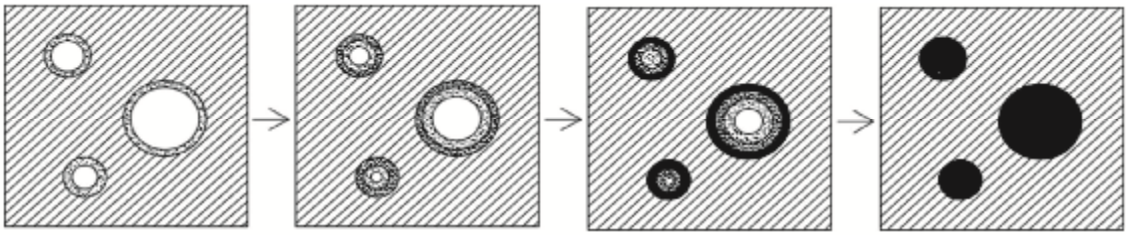


Рис. 4. Схема кристаллообразования солей в порах с течением времени

По итогам эксперимента может быть получена зависимость от времени массы кристаллов соли, которые образовались в порах образца (рис. 5).

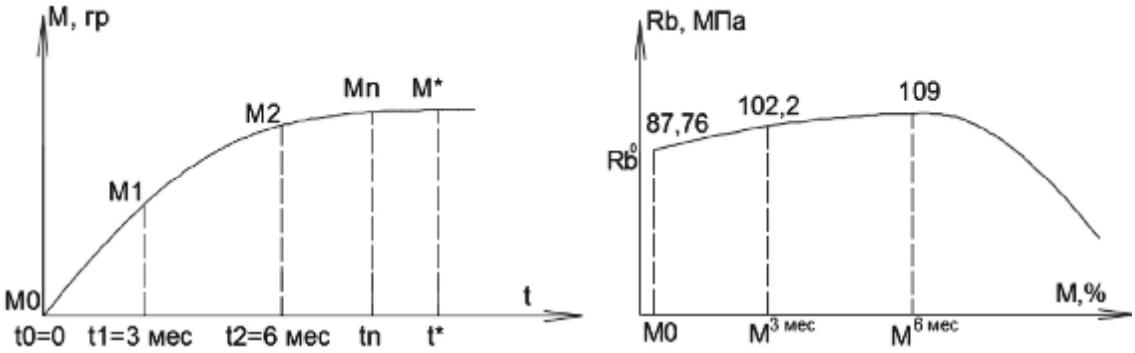


Рис. 5. Зависимости от времени массы образовавшихся кристаллов соли
и зависимости прочности бетона от концентрации солей
(t^* – время максимального кристаллообразования,
M^* – максимальная масса кристаллов солей в порах бетона)

Из сопоставления решения уравнения (2) и экспериментальных данных находим параметры α, β, γ. Для уменьшения искомых параметров можно, например, положить γ=1. Зная параметры α и β определим согласно уравнению (3) массу кристаллизовавшейся в порах бетона соли в момент времени $t=t_j$.

Из ранее проведенного эксперимента нам известны значения прочности бетона в начальный момент времени, по истечении 3 и 6 месяцев. Решая систему уравнений (5) определяем значения параметров m и n.

Для демонстрации методики расчета m и n используем следующие экспериментальные данные и предположения. Считаем, что время диффузии значительно меньше, чем 3 и 6 месяцев. Тогда примем в первом уравнении системы (13) t=3 мес, а во втором – t=6 мес. Можно также принять, что в начальном состоянии M_0=0. Пусть $M^{3мес}$=10 гр/гр, $M^{6мес}$=22 гр/гр. Тогда все P_i одинаковы в один и тот же момент времени, и система (5) примет вид:

$$\begin{cases} P^{3.мес} = R_{b0}\left(1+mM^{3мес}\right)/\left(1+n(M^{3мес})^2\right)A \\ P^{6.мес} = R_{b0}\left(1+mM^{6мес}\right)/\left(1+n(M^{6мес})^2\right)A \end{cases},$$

где A – площадь приложения нагрузки.

Решение системы дает следующие результаты для m и n: m=1,5102; n=0,0036 .

Зависимость R_b от M приведена на рис. 5.

Заключение

1. В данной работе представлены методики описания процесса диффузии солевого раствора в бетонной стенке, описания процесса кристаллизации соли в порах бетона, оценки влияния массы кристаллизовавшейся соли в порах материала на прочностные свойства материала и методика оценки несущей способности бетонных конструкций под действием солевой коррозии.

2. Приведён пример обработки результатов эксперимента по определению коэффициента диффузии жидкости в бетоне. Расчет проведен методом конечных разностей как по времени, так и по координате.

3. Приведены результаты экспериментов по определению прочности образцов, подвергшихся воздействию солевого раствора в течение 3-х и 6-ти месяцев.

4. Предложено соотношение в виде дифференциального уравнения для определения скорости кристаллизации соли в порах бетона и его решение. Описывается способ идентификации параметров этого соотношения по результатам экспериментов по выдержке образцов в солевом растворе.

5. Предложено соотношение, аппроксимирующее зависимость прочности бетона от удельной массы кристаллизовавшейся соли. Описана методика, позволяющая определить коэффициенты этой аппроксимирующей функции по результатам испытаний на прочность образцов, выдержанных разное время в солевом растворе, и приведен пример их расчета.

Список библиографических ссылок

1. Соломатов В. И., Селяев В. П. Химическое сопротивление материалов. М. : Рос. акад. архитектуры и строит. наук; Мордов. гос. ун-т; Моск. гос. ун-т. путей сообщения (МИИТ), 2001. 384 с.
2. Каюмов Р. А., Сулейманов А. М., Мухамедова И. З., Мангушева А. Р., Шакирова А. М. Методы оценки прочности и долговечности пленочно-тканевых композиционных материалов. Казань : КГАСУ, 2015. 160 с.
3. Рахимов Р. З., Алтыкис М. Г. Долговечность строительных материалов. Казань : КГАСУ, 2005. 118 с.
4. Соломатов В. И., Селяев В. П., Соколова Ю. А. Химическое сопротивление материалов. М. : РААСН, 2001. 284 с.
5. Каюмов Р. А., Ибрагимова А. А. Об оценке предельной нагрузки железобетонной стенки, подверженной одностороннему воздействию влаги // Известия КГАСУ. 2017. № 3 (41). С. 98–108.
6. Фаликман В. Р., Степанова В. Ф. Современные проблемы обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Вестник НИЦ строительство. 2014. № 9 (32). С. 87–98.
7. Васильев А. А. Оценка прочности бетона и её прогнозирование для бетонных и железобетонных конструкций. Гомель : БелГУТ, 2005. С. 304–356.
8. Васильев А. А. Методика оценки и прогнозирования состояния длительно эксплуатируемых железобетонных конструкций. Гомель : БелГУТ, 2006. С. 188–193.
9. Ветров С. Н., Яковлев С. В. Специфика обследования состояния железобетонных конструкций в условиях агрессивного воздействия воды // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7 (17). С. 35–40.
10. Карпенко Н. И., Карпенко С. Н., Ямаковский В. Н., Ерофеев В. Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2015. № 1. С. 91–102.
11. Селяев В. П., Ошкина Л. М., Селяев П. В., Сорокин Е. В. Исследование химической стойкости цементных бетонов с учетом сульфатной коррозии // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 4–11.
12. Kosmatka S. H., Kerkoff B, Hooton R. Design and control of Concrete Mixtures. The Guide to Application. Ottawa : Methods and Materials, Eight Canadian Edition. Cement Association of Canada, 2011. P. 35–68.
13. Selyaev V. P., Selyaev P. V., Sorokin E. V., Udina O. A., Tsganov V. V. Crack resistance of reinforced concreate structures with epoxy coating. Verlag Waldkraiburg : Munich publishing office Vela, 2013. P. 167–176.
14. Selyaev V. P., Selyaev P. V., Sorokin E. V. Physical bases of materials strength with the structure of conglomerate type. Westwood : Publishing office Accent Graphics communications, 2012. P. 523–531.

Kayumov Rashit Abdulkhakovich
doctor of physical and mathematical sciences, professor
E-mail: kayumov@rambler.ru
Kazan State University of Architecture and Engineering
The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1
Kashafdinova Alsu Faritovna
engineer
E-mail: kashafdinovaalsu@gmail.com
LTD «Vostok-C»
The organization address: 420111, Russia, Kazan, Moskovskaya st., 27

Method of describing the degradation process of concrete constructions under the influence of salt corrosion

Abstract

Problem statement. Nowadays the actual problem is the development of theoretical methods of rating the durability of building constructions operating under the co-action of force factors and aggressive environments. The purpose of the research is to create the mathematical model describing the degradation process of concrete under the influence of salt solution allowing calculating the load capacity at different times and giving an estimate of the durability of the construction.

Result. The task of diffusion of salt solution into concrete and a task of crystallization of this salt in the pores of concrete are considered. An example of processing of the result of the experiment to determine the liquid diffusion coefficient in concrete is given. The solution is carried out at finite differences of time and coordinates. The ratio is proposed in the form of a differential equation for determining the salt crystallization speed in pores of concrete and its solution. Shows the results of experiments to determine the durability of the samples exposed by the effect of salt solution for three and six months. An estimation of the effect of the crystallized salt weight in the pores of material on strength properties is presented. The dependence of concrete durability on the concentration of salt in it is approximated by the function that makes it possible to determine the value of durability at different points of the wall at a certain point of time.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is the ability predict fall of load capacity of the concrete wall over time affected by the salt solution.

Keywords: concrete, durability, corrosion, degradation, salt.

References

1. Solomatov V. I., Selyaev V. P., Sokolova Y. U. A. Chemical resistance of materials. M. : Ros. akad. arkhitektury i stroit. nauk; Mordov. gos. un-t; Mosk. gos. un-t. putey soobshcheniya (MIIT), 2001. 384 p.
2. Kayumov R. A., Suleymanov A. M., Mukhamedova I. Z., Mangusheva A. R., Shakirova A. M. Methods of rating the strength and durability of membrane-cloth composite materials. Kazan : KGASU. 2015. 160 p.
3. Rakhimov R. Z., Altykis M. G. Durability of building materials. Kazan : KGASU, 2005. 118 p.
4. Solomonov V. I., Selyaev V. P., Sokolova Yu. A. The chemical resistance of materials. M. : RAASN, 2001. 284 p.
5. Kayumov R. A., Ibragimova A. A. Report on the evaluation of the ultimate load of reinforced concrete columns under the influence one-side effect of moisture // Izvestiya KGASU. 2017. № 3 (41). P. 98–108.
6. Falikman V. R., Stepanova V. F. Modern problems of ensuring the durability of reinforced concrete structures // Vestnik NITS stroitel’stvo. 2014. № 9 (32). P. 87–98.
7. Vasil’ev A. A. Estimation of strength of concrete and its prediction for concrete and reinforced concrete structures. Gomel : BelGUT, 2005. P. 304–356.
8. Vasil’ev A. A. Method for estimating and forecasting the state of long-lived reinforced concrete constructions. Gomel : BelGUT, 2006. P. 188–193.
9. Vetrov S. N., Yakovlev S. V. Specificity of the survey of the condition of reinforced concrete constructions // Inzhenerno-stroitel’nyy zhurnal. 2010. № 7 (17). P. 35–40.
10. Karpenko N. I., Karpenko S. N., Yarmakovskiy V. N., Erofeev V. T. About modern methods for ensuring the durability of reinforced concrete // Academia. Arkhitektura I stroitel’stvo. 2015. № 1. P. 91–102.
11. Selyaev V. P., Oshkina L. M., Selyaev P. V., Sorokin E. V. Investigation of chemical resistance of cement concretes with sulfate corrosion control // Regional’naya arkhitektura i stroitel’stvo. 2012. № 1. P. 4–11.
12. Kosmatka S. H., Kerkoff B, Hooton R. Design and control of Concrete Mixtures. The Guide to Application. Ottawa : Methods and Materials, Eight Canadian Edition. Cement Association of Canada, 2011. P. 35–68.
13. Selyaev V. P., Selyaev P. V., Sorokin E. V., Udina O. A., Tsganov V. V. Crack resistance of reinforced concreate structures with epoxy coating. Verlag Waldkraiburg : Munich publishing office Vela, 2013. P. 167–176.
14. Selyaev V. P., Selyaev P. V., Sorokin E. V. Physical bases of materials strength with the structure of conglomerate type. Westwood : Publishing office Accent Graphics communications, 2012. P. 523–531.

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 межстрочным 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 межстрочным 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 нанокомпозитов 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. Thesises 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: 00000000000000000130 реализация изд. деят-ти.

Известия КГАСУ
2018 г., № 2 (44)

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 23.05.2018 Формат 60×84/8
Заказ 134 Бумага тип. № 1
Усл.-печ. л. 37,4 Уч.-изд. л. 37,9
Тираж 500 экз.
I завод-100

Отпечатано в Издательстве КГАСУ, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1